

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-324673

(P2001-324673A)

(43) 公開日 平成13年11月22日 (2001. 11. 22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード<sup>\*</sup> (参考)

G 0 2 B 13/00

G 0 2 B 13/00

2 H 0 8 7

13/18

13/18

5 D 1 1 9

G 1 1 B 7/135

G 1 1 B 7/135

A

審査請求 未請求 請求項の数152 O L (全 53 頁)

(21) 出願番号 特願2000-262372(P2000-262372)

(22) 出願日 平成12年8月31日 (2000. 8. 31)

(31) 優先権主張番号 特願平11-247294

(32) 優先日 平成11年9月1日 (1999. 9. 1)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2000-60843(P2000-60843)

(32) 優先日 平成12年3月6日 (2000. 3. 6)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001270

コニカ株式会社

東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

(72) 発明者 木村 徹

東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株式会社内

(72) 発明者 大田 耕平

東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 対物レンズ及び光ピックアップ装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 開口数が0.75以上と大きく、また光源の波長が400nm程度と短い波長のレーザを使用する高密度記録再生装置に好適な対物レンズを提供する。また、情報記録媒体の保護層の厚さが0.1mm程度と薄いために、ワーキングディスタンスが小さくても良い記録再生装置に好適な対物レンズを提供する。また、これらの対物レンズを用いた光ピックアップ装置を提供する。

【解決手段】 この非球面単玉対物レンズは、情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、次式を満たす。

1.  $1 \leq d_1 / f \leq 3$  ( $d_1$ : 軸上レンズ厚  $f$ : 焦点距離)。また、次の各式を満たすことがより好ましい。

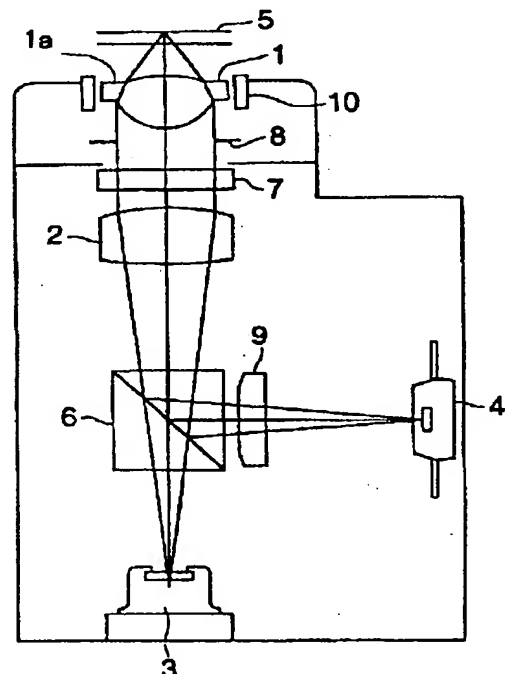
1.  $2 \leq d_1 / f \leq 2.3$

$f / v_d \leq 0.060$  ( $v_d$ : アッベ数)

1.  $40 \leq n$  ( $n$ : 使用波長での屈折率)

1.  $40 \leq n < 1.85$

$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$  ( $r_1$ : 光源側の近軸曲率半径)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$1. \quad 1 \leq d1/f \leq 3$$

但し、 $d1$ ：軸上レンズ厚

$f$ ：焦点距離

【請求項2】 両面が非球面であることを特徴とする請求項1に記載の対物レンズ。

【請求項3】 単玉であることを特徴とする請求項1または2に記載の対物レンズ。

【請求項4】 開口数が0.65以上であることを特徴とする請求項1、2または3に記載の対物レンズ。

【請求項5】 開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項1、2または3に記載の対物レンズ。

【請求項6】 次式を満たすことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$f/vd \leq 0.060$$

但し、 $vd$ ：アッベ数

【請求項7】 次式を満たすことを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 40 \leq n$$

但し、 $n$ ：使用波長での屈折率

【請求項8】 次式を満たすことを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

【請求項9】 次式を満たすことを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0. \quad 40 \leq r1/(n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 $r1$ ：光源側の近軸曲率半径

【請求項10】 前記対物レンズは、使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用し、開口数が0.7以上であって、次式を満たすことを特徴とする請求項1、2または3に記載の対物レンズ。

$$f/vd \leq 0.060$$

但し、 $vd$ ：アッベ数

【請求項11】 前記対物レンズは、使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用し、開口数が0.7以上であって、次式を満たすことを特徴とする請求項1、2、3または10に記載の対物レンズ。

$$0. \quad 40 \leq r1/(n \cdot f) \leq 0.60$$

$$1. \quad 50 \leq n$$

但し、 $r1$ ：光源側の面の近軸曲率半径

$n$ ：使用波長での屈折率

【請求項12】 前記対物レンズは、プラスチック材料からなることを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項13】 前記対物レンズは、ガラス材料からな

ることを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項14】 光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行う光ピックアップ装置において、前記対物レンズが少なくとも1面に非球面を有し、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d1/f \leq 3$$

但し、 $d1$ ：軸上レンズ厚

$f$ ：焦点距離

【請求項15】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項14に記載の光ピックアップ装置。

【請求項16】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項14または15に記載の光ピックアップ装置。

【請求項17】 前記対物レンズは開口数が0.65以上であることを特徴とする請求項14、15または16に記載の光ピックアップ装置。

【請求項18】 前記対物レンズは開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項14、15または16に記載の光ピックアップ装置。

【請求項19】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項14～18のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$f/vd \leq 0.060$$

但し、 $vd$ ：アッベ数

【請求項20】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項14～19のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n$$

但し、 $n$ ：使用波長での屈折率

【請求項21】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項14～19のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

【請求項22】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項114～21のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$0. \quad 40 \leq r1/(n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 $r1$ ：光源側の近軸曲率半径

【請求項23】 前記対物レンズは、使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用し、開口数が0.7以上であって、次式を満たすことを特徴とする請求項14、15または16に記載の光ピックアップ装置。

$$f/vd \leq 0.060$$

但し、 $vd$ ：アッベ数

【請求項24】 前記対物レンズは、使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用し、開口数が0.7以上であって、次式を満たすことを特徴とする請求項14、15、16または23に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.60$$

$$1.50 \leq n$$

但し、 $r_1$ ：光源側の面の近軸曲率半径

$n$ ：使用波長での屈折率

【請求項25】 前記対物レンズは、プラスチック材料からなることを特徴とする請求項14～24のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項26】 前記対物レンズは、ガラス材料からなることを特徴とする請求項14～24のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項27】 光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用し、少なくとも1面が非球面であり、開口数が0.65以上であることを特徴とする対物レンズ。

【請求項28】 両面が非球面であることを特徴とする請求項27に記載の対物レンズ。

【請求項29】 単玉であることを特徴とする請求項27または28に記載の対物レンズ。

【請求項30】 開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項27、28または29に記載の対物レンズ。

【請求項31】 次式を満たすことを特徴とする請求項27、28、29または30に記載の対物レンズ。

$$1.1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 $d_1$ ：軸上レンズ厚

$f$ ：焦点距離

【請求項32】 次式を満たすことを特徴とする請求項27～31のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$f / v_d \leq 0.060$$

但し、 $v_d$ ：アッベ数

【請求項33】 次式を満たすことを特徴とする請求項27～32のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$1.40 \leq n$$

但し、 $n$ ：使用波長での屈折率

【請求項34】 次式を満たすことを特徴とする請求項27～32のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$1.40 \leq n < 1.85$$

【請求項35】 次式を満たすことを特徴とする請求項27～34のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 $r_1$ ：光源側の近軸曲率半径

【請求項36】 光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前

記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記光源の基準波長は500nm以下であり、前記対物レンズは、前記光源を使用した、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体の記録および／または再生に対して、開口数が0.65以上であり、少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項37】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項36に記載の光ピックアップ装置。

【請求項38】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項36または37に記載の光ピックアップ装置。

【請求項39】 前記対物レンズは前記開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項36、37または38に記載の光ピックアップ装置。

【請求項40】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項36、37、38または39に記載の光ピックアップ装置。

$$1.1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 $d_1$ ：軸上レンズ厚

$f$ ：焦点距離

【請求項41】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項36～40のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$f / v_d \leq 0.060$$

但し、 $v_d$ ：アッベ数

【請求項42】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項36～41のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$1.40 \leq n$$

但し、 $n$ ：使用波長での屈折率

【請求項43】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項36～41のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$1.40 \leq n < 1.85$$

【請求項44】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項36～43のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 $r_1$ ：光源側の近軸曲率半径

$$1.1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 $d_1$ ：軸上レンズ厚

$f$ ：焦点距離

【請求項45】 光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、開口数が0.75以上であり、プラスチック材料からなることを特徴とする対物レンズ。

【請求項46】 両面が非球面であることを特徴とする

請求項45に記載の対物レンズ。

【請求項47】 単玉であることを特徴とする請求項45または46に記載の対物レンズ。

【請求項48】 次式を満たすことを特徴とする請求項45、46または47に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 1 \leq d1/f \leq 3$$

但し、d1：軸上レンズ厚

f：焦点距離

【請求項49】 次式を満たすことを特徴とする請求項45、46、47または48に記載の対物レンズ。

$$f/vd \leq 0.060$$

但し、vd：アッペ数

【請求項50】 次式を満たすことを特徴とする請求項45～49のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 40 \leq n$$

但し、n：使用波長での屈折率

【請求項51】 次式を満たすことを特徴とする請求項45～49のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

【請求項52】 次式を満たすことを特徴とする請求項45～51のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0. \quad 40 \leq r1/(n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、r1：光源側の近軸曲率半径

【請求項53】 光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行う光ピックアップ装置において、前記対物レンズは、少なくとも1面に非球面を有し、開口数が0.75以上であり、プラスチック材料からなることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項54】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項53に記載の光ピックアップ装置。

【請求項55】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項53または54に記載の光ピックアップ装置。

【請求項56】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項53、54または55に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d1/f \leq 3$$

但し、d1：軸上レンズ厚

f：焦点距離

【請求項57】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項53、54、55または56に記載の光ピックアップ装置。

$$f/vd \leq 0.060$$

但し、vd：アッペ数

【請求項58】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項53～57のいずれか1項に記載の光

ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n$$

但し、n：使用波長での屈折率

【請求項59】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項53～57のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

【請求項60】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項53～59のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$0. \quad 40 \leq r1/(n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、r1：光源側の近軸曲率半径

【請求項61】 光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、開口数が0.65以上であり、次式を満足することを特徴とする対物レンズ。

$$n \geq 1.85$$

但し、n：使用波長での屈折率

【請求項62】 両面が非球面であることを特徴とする請求項61に記載の対物レンズ。

【請求項63】 単玉であることを特徴とする請求項61または62に記載の対物レンズ。

【請求項64】 開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項61、62または63に記載の対物レンズ。

【請求項65】 次式を満たすことを特徴とする請求項61、62、63または64に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 1 \leq d1/f \leq 3$$

但し、d1：軸上レンズ厚

f：焦点距離

【請求項66】 次式を満たすことを特徴とする請求項61～65のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0. \quad 40 \leq r1/(n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、r1：光源側の近軸曲率半径

【請求項67】 光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、少なくとも1面に非球面を有し、開口数が0.65以上であり、次式を満足することを特徴とする光ピックアップ装置。

$$n \geq 1.85$$

但し、n：使用波長での屈折率

【請求項68】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項67に記載の光ピックアップ装置。

【請求項69】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項67または68に記載の光ピックアップ装置。

【請求項70】 前記対物レンズは前記開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項67、68または69に記載の光ピックアップ装置。

【請求項71】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項67、68、69または70に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 $d_1$ ：軸上レンズ厚

$f$ ：焦点距離

【請求項72】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項67～71のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 $r_1$ ：光源側の近軸曲率半径

【請求項73】 光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、開口数が0.65以上であり、次式を満足することを特徴とする対物レンズ。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

但し、 $n$ ：使用波長での屈折率

【請求項74】 両面が非球面であることを特徴とする請求項73に記載の対物レンズ。

【請求項75】 単玉であることを特徴とする請求項73または74に記載の対物レンズ。

【請求項76】 開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項73、74または75に記載の対物レンズ。

【請求項77】 光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行う光ピックアップ装置において、前記対物レンズは、少なくとも1面に非球面を有し、開口数が0.65以上であり、次式を満足することを特徴とする光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

但し、 $n$ ：使用波長での屈折率

【請求項78】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項77に記載の光ピックアップ装置。

【請求項79】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項77または78に記載の光ピックアップ装置。

【請求項80】 前記対物レンズは前記開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項77、78または79に記載の光ピックアップ装置。

【請求項81】 光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、少なくとも一方のレンズ面に回折面を有し、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 $d_1$ ：軸上レンズ厚  $f$ ：焦点距離

【請求項82】 両面が非球面であることを特徴とする請求項81に記載の対物レンズ。

【請求項83】 単玉であることを特徴とする請求項81または82に記載の対物レンズ。

【請求項84】 開口数が0.65以上であることを特徴とする請求項81、82または83に記載の対物レンズ。

10 【請求項85】 開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項81、82または83に記載の対物レンズ。

【請求項86】 使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用することを特徴とする請求項81～85のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項87】 光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行う光ピックアップ装置において、前記対物レンズは、少なくとも1面に非球面を有し、少なくとも一方のレンズ面に回折面を有し、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 $d_1$ ：軸上レンズ厚

$f$ ：焦点距離

【請求項88】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項87に記載の光ピックアップ装置。

【請求項89】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項87または88に記載の光ピックアップ装置。

【請求項90】 前記対物レンズは開口数が0.65以上であることを特徴とする請求項87、88または89に記載の光ピックアップ装置。

【請求項91】 前記対物レンズは開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項87、88または89に記載の光ピックアップ装置。

40 【請求項92】 使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用することを特徴とする請求項87～91のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項93】 外周にフランジ部を有することを特徴とする請求項1～13、27～35、45～52、61～66、73～76、81～86のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項94】 外周に光軸に対し垂直方向に延びた面を持つフランジ部を有することを特徴とする請求項1～13、27～35、45～52、61～66、73～

76, 81~86のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項95】 前記対物レンズが外周にフランジ部を有することを特徴とする請求項14~26, 36~44, 53~60, 67~72, 77~80, 87~92のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項96】 前記対物レンズが外周に光軸に対し垂直方向に延びた面を持つフランジ部を有することを特徴とする請求項14~26, 36~44, 53~60, 67~72, 77~80, 87~92のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項97】 光源と、この光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、前記カップリングレンズは前記対物レンズの色収差を補正する機能を有し、前記対物レンズは、少なくとも1面に非球面を有し、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$$1.1 \leq d1/f \leq 3$$

但し、d1：軸上レンズ厚

f：焦点距離

【請求項98】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項97に記載の光ピックアップ装置。

【請求項99】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項97または98に記載の光ピックアップ装置。

【請求項100】 前記対物レンズの開口数が0.65以上であることを特徴とする請求項97, 98または99に記載の光ピックアップ装置。

【請求項101】 前記対物レンズの開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項97, 98または99に記載の光ピックアップ装置。

【請求項102】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項97~101のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$f/vd \leq 0.060$$

但し、vd：アッペ数

【請求項103】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項97~102のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$1.40 \leq n$$

但し、n：使用波長での屈折率

【請求項104】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項97~102のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$1.40 \leq n < 1.85$$

【請求項105】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項97~104のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r1/(n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、r1：光源側の近軸曲率半径

【請求項106】 前記対物レンズは、使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用し、開口数が0.7以上であって、次式を満たすことを特徴とする請求項97, 98または99に記載の光ピックアップ装置。

$$f/vd \leq 0.060$$

但し、vd：アッペ数

【請求項107】 前記対物レンズは、使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用し、開口数が0.7以上であって、次式を満たすことを特徴とする請求項97, 98, 99または106に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r1/(n \cdot f) \leq 0.60$$

$$1.50 \leq n$$

但し、r1：光源側の面の近軸曲率半径

n：使用波長での屈折率

【請求項108】 前記対物レンズは、プラスチック材料からなることを特徴とする請求項97~107のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項109】 前記対物レンズは、ガラス材料からなることを特徴とする請求項97~107のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項110】 光源と、この光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記カップリングレンズは前記対物レンズの色収差を補正する機能を有し、

前記光源の基準波長は500nm以下であり、前記対物レンズは、前記光源を使用した、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体の記録および／または再生に対して、開口数が0.65以上であり、少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項111】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項110に記載の光ピックアップ装置。

【請求項112】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項110または111に記載の光ピックアップ装置。

【請求項113】 前記対物レンズは前記開口数が0.

75以上であることを特徴とする請求項110, 111

または112に記載の光ピックアップ装置。

【請求項114】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項110、111、112または113に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d1/f \leq 3$$

但し、d1：軸上レンズ厚

f：焦点距離

【請求項115】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項110～114のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$f/vd \leq 0.060$$

但し、vd：アッベ数

【請求項116】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項110～115のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n$$

但し、n：使用波長での屈折率

【請求項117】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項110～115のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

【請求項118】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項110～117のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r1/(n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、r1：光源側の近軸曲率半径

$$1. \quad 1 \leq d1/f \leq 3$$

但し、d1：軸上レンズ厚

【請求項119】 光源と、この光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記カップリングレンズは前記対物レンズの色収差を補正する機能を有し、

前記対物レンズは、少なくとも1面に非球面を有し、開口数が0.75以上であり、プラスチック材料からなることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項120】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項119に記載の光ピックアップ装置。

【請求項121】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項119または120に記載の光ピックアップ装置。

【請求項122】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項119、120または121に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d1/f \leq 3$$

但し、d1：軸上レンズ厚

f：焦点距離

【請求項123】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項119、120、121または122に記載の光ピックアップ装置。

$$f/vd \leq 0.060$$

但し、vd：アッベ数

【請求項124】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項119～123のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n$$

但し、n：使用波長での屈折率

【請求項125】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項119～123のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

【請求項126】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項119～125のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$20 \quad 0.40 \leq r1/(n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、r1：光源側の近軸曲率半径

【請求項127】 光源と、この光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記カップリングレンズは前記対物レンズの色収差を補正する機能を有し、

前記対物レンズは、少なくとも1面に非球面を有し、開口数が0.65以上であり、次式を満足することを特徴とする光ピックアップ装置。

$$n \geq 1.85$$

但し、n：使用波長での屈折率

【請求項128】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項127に記載の光ピックアップ装置。

【請求項129】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項127または128に記載の光ピックアップ装置。

【請求項130】 前記対物レンズは前記開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項127、128または129に記載の光ピックアップ装置。

【請求項131】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項127、128、129または130に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d1/f \leq 3$$

但し、d1：軸上レンズ厚

$$50 \quad f：焦点距離$$



【請求項132】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項127～131のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 $r1$ ：光源側の近軸曲率半径

【請求項133】 光源と、この光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記カップリングレンズは前記対物レンズの色収差を補正する機能を有し、

前記対物レンズは、少なくとも1面に非球面を有し、開口数が0.65以上であり、次式を満足することを特徴とする光ピックアップ装置。

$$1.40 \leq n < 1.85$$

但し、 $n$ ：使用波長での屈折率

【請求項134】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項133に記載の光ピックアップ装置。

【請求項135】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項133または134に記載の光ピックアップ装置。

【請求項136】 前記対物レンズは前記開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項133、134または135に記載の光ピックアップ装置。

【請求項137】 前記カップリングレンズは前記光源からの光束をほぼ平行光束にコリメートすることを特徴とする請求項97～136のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項138】 前記対物レンズと前記カップリングレンズとの合成系の色収差が次式を満たすことを特徴とする請求項97～137のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$\delta f b \cdot NA2 \leq 0.25 \mu m \quad (\delta f b > 0)$$

但し、 $\delta f b$ ：波長が基準波長から+1nm変化した時の、合成系の焦点位置の変化( $\mu m$ )

$NA$ ：対物レンズの光情報記録媒体側の開口数

【請求項139】 次式を満たすことを特徴とする請求項138に記載の光ピックアップ装置。

$$0.02 \mu m \leq \delta f b \cdot NA2 \leq 0.15 \mu m \quad (\delta f b > 0)$$

【請求項140】 次式を満たすことを特徴とする請求項97～139のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.1 \leq |m| \leq 0.5 \quad (m < 0)$$

但し、 $m$ ：対物レンズとカップリングレンズとの合成系の倍率

【請求項141】 前記カップリングレンズは1群2枚構成であることを特徴とする請求項97～140のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項142】 前記カップリングレンズは非球面を有することを特徴とする請求項141に記載の光ピックアップ装置。

【請求項143】 前記カップリングレンズは回折面を有することを特徴とする請求項97～142のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

10 【請求項144】 前記カップリングレンズは、単玉レンズであって、一方の面のみに回折面を有することを特徴とする請求項143に記載の光ピックアップ装置。

【請求項145】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項97～144のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項146】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微少な変動に起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項97～144のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項147】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、温湿度変化に起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項97～144のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項148】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光情報記録媒体の保護層の厚みの微少な変動に起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項97～144のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

30 【請求項149】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微少な変動、或いは温湿度変化、或いは前記光情報記録媒体の保護層の厚みの微少な変動のうち少なくとも2つ以上の組み合わせに起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項97～144のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

40 【請求項150】 前記光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは、前記カップリングレンズは前記対物レンズとの間隔を増加させるように光軸方向に沿って変移し、前記光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは、前記カップリングレンズは前記対物レンズとの間隔を減少させるように光軸方向に沿って変移することで光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項97～144のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

50 【請求項151】 前記カップリングレンズを光軸方向に沿って変移させる変移装置を含むことを特徴とする請



求項97～150のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項152】 請求項14～26, 36～44, 53～60, 67～72, 77～80, 87～92, 95～151のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置を備えた光情報記録媒体の記録及び／又は再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスクなどの光情報記録媒体に、記録又は再生を行う光学式記録再生装置のピックアップ用対物レンズ、この対物レンズを使用する光ピックアップ装置、及びこの光ピックアップ装置を備えた光情報記録媒体の記録／再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光ディスクなどを媒体とした光学式記録再生装置の光学系において、非球面単玉対物レンズが広く用いられているが、記録情報信号の高密度化を図るため、対物レンズが記録媒体上に集光するスポットを小さくすることが要求されており、対物レンズの高NA化とともに短波長光源の利用が検討されつつある。

【0003】レーザの短波長化や対物レンズの高NA化が図られてくると、CDやDVDのごとき従来の光ディスクに対して情報の記録又は再生を行うような比較的長波長のレーザと低NAの対物レンズとの組み合わせからなる光ピックアップ装置ではほとんど無視できる問題でもより顕在化されることが予想される。その一つが、半導体レーザの微少な発振波長のずれにより対物レンズで生じる軸上色収差の問題である。一般のレンズ材料の微少な波長変動による屈折率変化は、短波長を取り扱うほど大きくなる。その結果、焦点のデフォーカス量が大きくなる。ところが、対物レンズの焦点深度は、 $k\lambda/NA^2$  ( $k$ は比例定数、 $\lambda$ は波長、 $NA$ は対物レンズの開口数)で表されることがからわかるように、使用波長が短いほど焦点深度が小さくなり、僅かなデフォーカス量も許されない。従って、GaIn系半導体レーザのような短波長の光源及び高NAの対物レンズを用いた光学系では、モードホップ現象及びレーザ出力変化による波長変動や高周波重畳による波面収差の劣化を防ぐために、軸上色収差の補正が重要となる。

【0004】更に、レーザの短波長化と対物レンズの高NA化の組み合わせにおいて顕在化する別な問題は、温度・湿度変化による光学系の球面収差の変動である。すなわち、光ピックアップ装置において一般的に使用されているプラスチックレンズは温度や湿度変化を受けて変形しやすく、また、屈折率が大きく変化する。従来の光ピックアップ装置では問題にならなかった屈折率変化による球面収差の変動も、レーザの短波長化と対物レンズの高NA化の組み合わせにおいては、無視できない量となる。

【0005】更に、レーザの短波長化と対物レンズの高

NA化の組み合わせにおいて顕在化する別な問題は、光ディスクの保護層の厚み誤差に起因する光学系の球面収差の変動である。保護層の厚み誤差により生じる球面収差は、対物レンズのNAの4乗に比例して発生することが知られている。従って、対物レンズのNAが大きくなるにつれて保護層の厚み誤差の影響が大きくなり、安定した情報の記録／再生が出来なくなる恐れがある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】光ディスク用の非球面単玉対物レンズでは、非球面によって球面収差とコマ収差を補正するが、開口数が大きくなると、像高特性が劣化してしまう。光ディスクの高密度化が進むにつれ、像高特性の劣化は、たとえ小さな値であっても、非常に大きな問題となってしまふ。特に、開口数が0.65以上になると、問題が顕著となる。また、開口数が大きくなると、偏心感度の劣化も大きな問題となる。

【0007】本発明は、前記課題を解決するためになされたものである。即ち、光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、開口数が大きく、像高特性の良い非球面単玉対物レンズを提供することを目的とする。特に、開口数が0.65以上、好ましくは0.70以上、更に好ましくは0.75以上と大きく、また光源の波長が400nm程度と短い波長のレーザを使用する高密度記録再生装置に用いるのに好適な、対物レンズを提供することを目的とする。また、偏心感度を良好にする対物レンズを提供することも本発明の目的である。また、球面収差やコマ収差を良好にする対物レンズを提供することも本発明の目的である。

【0008】また、光情報記録媒体の保護層(透明基板)の厚さが0.2mm程度やそれ以下と薄い場合、または保護層がない場合に、ワーキングディスタンスが小さくても良いが、そのようなワーキングディスタンスの小さい記録再生装置に用いられるのに好適な対物レンズを提供することを目的とする。

【0009】また、これらの対物レンズを使用する光ピックアップ装置や光情報記録媒体の記録／再生装置を提供することを目的とする。

【0010】また、高密度な光学式記録再生装置において、簡単な構成で軸上色収差が補正された光学系を有する光ピックアップ装置を提供することを目的とする。また、特に、光情報記録媒体側の開口数が0.65以上、好ましくは0.70以上、更に好ましくは0.75以上と大きく、使用する光源の最短波長が500nm以下と小さい光ピックアップ装置を提供することを目的とする。また、高密度な光学式記録再生装置において、簡易な構成で光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正可能な光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】第1の発明による対物レ

レンズは、光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、次式を満たすことを特徴とする。なお、本発明の対物レンズは、片面のみを非球面としてもよいが、両面とも非球面であることが好ましい。また、複数枚ではなく、1枚のレンズで単玉の対物レンズを構成することが好ましい。

$$【0012】 1. 1 \leq d1 / f \leq 3 \quad (1)$$

但し、 $d1$ ：軸上レンズ厚

【0013】 $f$ ：焦点距離

【0014】上記条件式(1)は、良好な像高特性を得るための条件であって、特に0.65以上、好ましくは0.75以上の大きな開口数を得ようとするとき、下限以上であると、レンズの中心厚が小さくなり過ぎず、像高特性が劣化せず、更に、面のシフト感度が大きくなり過ぎず、像高特性が劣化しない。また、偏心感度も良好になる。さらに、球面収差や、コマ収差も良好に補正できる。

【0015】また、本発明の、光情報記録媒体の情報の再生もしくは記録を行う光ピックアップ装置は、光束を射出する光源と、光源から射出された光束を集光する集光光学系と、光情報記録媒体からの反射光もしくは透過光を検出する光検出器とを有する。そして、集光光学系は、光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光する対物レンズを有するものである。対物レンズは、上述した本発明の対物レンズである。なお、集光光学系は、対物レンズの他に、他にカップリングレンズなどを有していてもよい。

【0016】また、本発明の光情報記録媒体記録／再生装置は、上述した本発明の光ピックアップ装置を有する。他に、光情報記録媒体を回転させるスピンドルモーターや、トラッキング手段などを有していてもよい。

【0017】なお、光ピックアップ装置における開口数は、光源の波長や、絞り径や、対物レンズ径によって求められることが好ましい。なお、その光ピックアップ装置において、所定の波長の光束によって、所定の光情報記録媒体の情報の読取／記録を可能とする開口数をその光ピックアップ装置の開口数と捉えてもよいし、その光ピックアップ装置で読取／記録を行う対象の光情報記録媒体の規格で定められた開口数をその光ピックアップ装置の開口数と捉えてもよい。

【0018】上記条件式(1)は下記式を満足することが好ましい。

$$1. 2 \leq d1 / f \leq 2. 3$$

【0019】更に、上記条件式(1)は下記式を満足することが最も望ましい。

$$【0020】 1. 5 \leq d1 / f \leq 1. 8$$

【0021】また、上述の対物レンズは次の条件式(2)を満たすことが好ましい。

$$【0022】 f / v d \leq 0. 060 \quad (2)$$

但し、 $vd$ ：アッベ数

【0023】上記条件式(2)は、軸上色収差を小さくするための条件である。これにより、フォーカスサーボが追従出来ないような瞬時的なレーザ光源の波長変動や、多モード発振による光源波長の広がりに対応可能となる。上記条件式(2)は下記式を満足することがより望ましい。

$$【0024】 f / v d \leq 0. 050$$

【0025】更に、上記条件式(2)は下記式を満足することが最も望ましい。

$$【0026】 f / v d \leq 0. 035$$

【0027】また、レンズ材料は、アッベ数が $vd \geq 35$ 、より望ましくは $vd \geq 50$ を満たす材料を用いることが好ましい。

【0028】また、対物レンズは、ガラスレンズであっても、プラスチックレンズであってもよいが、プラスチックレンズの方が好ましい。

【0029】また、プラスチックレンズである場合、光源波長が350nm～500nmの領域で、光透過率が85%以上である材料から形成されていることが好ましく、また、飽和吸水率が0.01%以下である材料から形成させていることが好ましい。なお、プラスチック材料としては、ポリオレフィン系樹脂が望ましく、ポリオレフィン系のノルボルネン系樹脂がより望ましい。

【0030】また、本発明の対物レンズは、レンズ径が $\phi 2. 0 \sim 4. 0$ mmであることが好ましく、軸上レンズ厚が2.00～4.00mmであることが好ましい。

【0031】また、本明細書では、レンズの開口数は、レンズから射出される最周縁の光線の正弦( $\sin$ )で定められるが、単玉対物レンズ単体の場合、レンズ枠に取り付けていない状態では最周縁の光線が定まらず、したがって開口数が定まらない。この場合、ある波長の光束が、ある開口径を境にその内側で無収差に収差補正されているなら(例えばは被面収差が0.07 $\lambda$ ms以下に補正されているなら)、この開口半径と焦点距離の比として開口数を実質的に定義することができる。

【0032】また、上述の対物レンズは次の条件式(3)を満たすことが好ましい。

$$【0033】 1. 40 \leq n \quad (3)$$

但し、 $n$ ：使用波長での屈折率(光源の波長での対物レンズの材料の屈折率)

【0034】上記条件式(3)は、屈折率の条件であり、この条件を満足すると、第1面のサグが大きくなり過ぎず、面のシフト感度やティルト感度が大きくなり過ぎず、像高特性が良好となる。

【0035】また、上述の対物レンズは次の条件式(4)を満たすことが好ましい。

$$【0036】 1. 40 \leq n < 1. 85 \quad (4)$$

【0037】上記条件式(4)は、屈折率の条件であり、軸上の光学性能に加え、軸外の光学性能も重視する必要

のある光ピックアップの場合には、発生する非点収差の補正のために軸上厚が大きくなりがちである。上限以下であると、屈折率が大きくなり過ぎず、レンズの中心厚を大きくする必要がなく、軽量化の達成及びワーキングディスタンスの確保が容易となる。下限以上であると、屈折率が小さくなり過ぎず、第1のサグが大きくなり過ぎず、像高特性が劣化しない。

【0038】上記条件式(4)は下記式を満足することが \*

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70 \quad (5)$$

但し、 $r_1$ ：前記対物レンズの、1つの面の近軸曲率半径（好ましくは、光源側の近軸曲率半径）

【0044】上記条件式(5)は、主にコマ収差の補正に関し、下限以上であると、 $r_1$ が小さくなり過ぎず、内向性のコマ収差と外向性のコマ収差によるフレアが発生し難くなり、上限以下であると、 $r_1$ が大きくなり過ぎず、外向性のコマ収差が生じ難くなるとともに、球面収差のアンダーフレアが生じ難い。

【0045】また、上記条件式(5)は下記式を満足することがより望ましい。

$$【0046】 0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.65$$

【0047】ここで、対物レンズが記録媒体上に集光する光のスポット径は、光源の波長を $\lambda$ 、対物レンズの開口数をNA、 $k$ を比例定数とすると、一般に、 $k\lambda/NA$ によって決まる。従って、500nm以下の小さい波長のレーザ光源を使用し、対物レンズの開口数を0.65以上と大きくした場合、集光する光のスポット径を小さくすることが出来る。よって、本発明によるレンズを用いて光ピックアップ装置を構成することで、記録情報信号の高密度化が可能となる。更に、記録媒体の保護層を0.2mm以下と薄くすることで、ワーキングディスタンスの小さい対物レンズが提供でき、光ピックアップ装置の軽量化及びコンパクト化を達成できる。つまり、本発明の対物レンズ、光ピックアップ装置、光情報記録媒体記録／再生装置は、使用波長（光源が射出する光束の波長）500nm以下である場合や、対物レンズの光情報記録媒体側の開口数が0.65以上（好ましくは0.7以上、より好ましくは0.75以上）の場合や、厚さが0.2mm以下の保護層を有する光情報記録媒体に対して用いられる場合に、特に好適である。

【0048】また、上述の対物レンズは、プラスチック材料を用いることにより、光ピックアップの軽量化が達成でき、安価に大量生産することが可能である。

【0049】第2の発明による対物レンズは、光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用し、少なくとも1面が非球面であり、開口数が0.65以上、好ましくは0.75以上であることを特徴とする。なお、本発明の対物レンズは、片面のみを非球面としてもよいが、両面とも非球面であることが好ましい。また、複数枚ではなく、1枚のレンズで

\*より望ましい。

$$【0039】 1.50 \leq n \leq 1.85$$

【0040】更に好ましくは、下記式を満たすことである。

$$【0041】 1.70 \leq n < 1.85$$

【0042】また、上述の対物レンズは次の条件式(5)を満たすことが好ましい。

$$【0043】$$

10 単玉の対物レンズを構成することが好ましい。

【0050】上述の対物レンズは次の条件式(6)を満足することが好ましい。条件式(6)は、良好な像高特性を得るための条件である。その作用に関しては、条件式(1)と同様である。

$$【0051】$$

$$1.1 \leq d_1 / f \leq 3 \quad (6)$$

但し、 $d_1$ ：軸上レンズ厚

$f$ ：焦点距離

【0052】また、上述の対物レンズは次の条件式(7)を満足することが好ましい。条件式(7)は、軸上色収差を小さくするための条件である。その作用に関しては、条件式(2)と同様である。

$$【0053】$$

$$f / v_d \leq 0.060 \quad (7)$$

但し、 $v_d$ ：アッペ数

【0054】また、上述の対物レンズは次の条件式(8)を満足することが好ましい。条件式(8)は、屈折率の条件である。その作用に関しては、条件式(3)と同様である。

$$30 \quad 【0055】$$

$$1.40 \leq n \quad (8)$$

但し、 $n$ ：使用波長での屈折率

【0056】また、上述の対物レンズは次の条件式(9)を満足することが好ましい。条件式(9)は、屈折率の条件である。その作用に関しては、条件式(4)と同様である。

$$【0057】$$

$$1.40 \leq n < 1.85 \quad (9)$$

【0058】また、上述の対物レンズは次の条件式(10)を満足することが好ましい。条件式(10)は、主にコマ収差の補正に関する。その作用に関しては、条件式(5)と同様である。

$$【0059】$$

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70 \quad (10)$$

但し、 $r_1$ ：光源側の近軸曲率半径

【0060】第3の発明による対物レンズは、光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、開口数が0.75以上であり、プラスチック材料からなることを特徴とする。なお、本発明の対物レンズは、片面のみを非球面としてもよいが、両

面とも非球面であることが好ましい。また、複数枚ではなく、1枚のレンズで単玉の対物レンズを構成することが好ましい。

【0061】上述の対物レンズは次の条件式(11)を満足することが好ましい。条件式(11)は、良好な像高特性を得るための条件である。その作用に関しては、条件式(1)と同様である。

【0062】

$$1. \quad 1 \leq d1/f \leq 3 \quad (11)$$

但し、d1：軸上レンズ厚

【0063】f：焦点距離

【0064】また、上述の対物レンズは次の条件式(12)を満足することが好ましい。条件式(12)は、軸上色収差を小さくするための条件である。その作用に関しては、条件式(2)と同様である。

【0065】

$$f/vd \leq 0.060 \quad (12)$$

【0066】但し、vd：アッベ数

【0067】また、上述の対物レンズは次の条件式(13)を満足することが好ましい。条件式(13)は、屈折率の条件である。その作用に関しては、条件式(3)と同様である。

【0068】

$$1. \quad 40 \leq n \quad (13)$$

但し、n：使用波長での屈折率

【0069】また、上述の対物レンズは次の条件式(14)を満足することが好ましい。条件式(14)は、屈折率の条件である。その作用に関しては、条件式(4)と同様である。

【0070】

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85 \quad (14)$$

【0071】また、上述の対物レンズは次の条件式(15)を満足することが好ましい。条件式(15)は、主にコマ収差の補正に関する。その作用に関しては、条件式(5)と同様である。

【0072】

$$0.40 \leq r1/(n \cdot f) \leq 0.70 \quad (15) \text{但し、} r1: \text{光源側の近軸曲率半径}$$

【0073】第4の発明による対物レンズは、光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、開口数が0.65以上、好ましくは0.75以上であり、次式(16)を満足することを特徴とする。なお、本発明の対物レンズは、片面のみを非球面としてもよいが、両面とも非球面であることが好ましい。また、複数枚ではなく、1枚のレンズで単玉の対物レンズを構成することが好ましい。

【0074】

$$n \geq 1.85 \quad (16)$$

【0075】但し、n：使用波長での屈折率

【0076】上記条件式(16)は、屈折率の条件である。

高屈折率の材料を用いることにより、第1面の曲率を大きくすることが出来、その結果、見込み角を小さくすることが出来るので、成形によりレンズを作製する場合の金型加工が容易になるというメリットがある。更に、軸上の光学性能を重視すればよい光ピックアップの場合には、高屈折率の材料を用いることで、高次の球面収差の補正が容易になる。

【0077】上述の対物レンズは次の条件式(17)を満足することが好ましい。条件式(17)は、良好な像高特性を得るための条件である。その作用に関しては、条件式(1)と同様である。

【0078】

$$1. \quad 1 \leq d1/f \leq 3 \quad (17)$$

但し、d1：軸上レンズ厚 f：焦点距離

【0079】また、上述の対物レンズは次の条件式(18)を満足することが好ましい。条件式(18)は、主にコマ収差の補正に関する。その作用に関しては、条件式(5)と同様である。

【0080】

$$0.40 \leq r1/(n \cdot f) \leq 0.70 \quad (18)$$

但し、r1：光源側の近軸曲率半径

【0081】第5の発明による両面非球面単玉対物レンズは、光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、開口数が0.65以上、好ましくは0.75以上であり、次式(19)を満足することを特徴とする。なお、本発明の対物レンズは、片面のみを非球面としてもよいが、両面とも非球面であることが好ましい。また、複数枚ではなく、1枚のレンズで単玉の対物レンズを構成することが好ましい。

【0082】

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85 \quad (19)$$

但し、n：使用波長での屈折率

【0083】上記条件式(19)は、屈折率の条件である。その作用に関しては、条件式(4)と同様である。

【0084】また、本発明の光ピックアップ装置には、集光光学系に回折部を設けることが好ましい。集光光学系の対物レンズに回折部を設けることが好ましいが、回折部のみを有する光学素子を新たに集光光学系に組み込んでもよいし、カップリングレンズなどの、集光光学系を構成する他の光学素子に回折部を設けてもよい。

【0085】一般に屈折系の単玉対物レンズを球面または非球面だけで基準波長に対して球面収差を補正した場合、基準波長より短波長ではアンダー、長波長ではオーバーな軸上色収差を生じる。ところが、回折面を有する対物レンズでは、基準波長に対して球面収差を補正した場合、屈折系の対物レンズとは逆の極性、即ち、短波長でオーバー、長波長でアンダーな軸上色収差を発生させることができる。従って、上述の対物レンズによれば、非球面レンズとしての非球面係数と、回折レンズとしての位相関数の係数を適当に選んで、屈折パワーと回折パ

ワーと組み合わせることにより、球面収差に対して色収差の補正を行い、例えば、モードホップのような瞬間的な波長変動に対しても性能良好な対物レンズとすることができる。

【0086】また、上述の対物レンズは、開口数が0.65以上、好ましくは0.75以上であり、また、使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用することにより、500nm以下の小さい波長のレーザ光源を使用し、対物レンズの開口数を0.65以上と大きくし、集光する光のスポット径を小さくすることが出来るから、本発明によるレンズを用いて光ピックアップ装置を構成することで、記録情報信号の高密度化が可能となる。更に、記録媒体の保護層を0.2mm以下と薄くすることで、ワーキングディスタンスの小さい対物レンズが提供でき、光ピックアップ装置の軽量化及びコンパクト化を達成できる。

【0087】また、上述の各対物レンズにおいて、外周にフランジ部を有することが好ましく、また、外周に光軸に対し垂直方向に延びた面を持つフランジ部を有することが更に好ましい。外周部にフランジ部を有することにより、対物レンズを光ピックアップ装置に容易に取り付けることができ、このフランジ部に光軸に対しほぼ垂直な方向に延びた面を設けることで更に精度の高い取付が可能となる。

【0088】また、本発明による各光ピックアップ装置は、光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行う光ピックアップ装置であって、上記対物レンズとして上述の両面非球面単玉対物レンズをそれぞれ備える。この場合、光情報記録媒体からの反射光を検出するが、透過光\*

$$\delta f b \cdot NA^2 \leq 0.25 \mu m \quad (\delta f b > 0) \quad (20)$$

但し、 $\delta f b$ ：波長が基準波長から+1nm変化した時の、合成系の焦点位置の変化( $\mu m$ )

NA：対物レンズのディスク側の開口数 ※

$$0.02 \mu m \leq \delta f b \cdot NA^2 \leq 0.15 \mu m \quad (\delta f b > 0) \quad (20)'$$

【0096】上記各構成はカップリングレンズによる色収差の補正に関するものである。発振波長400nm程度の短波長レーザ半導体を扱う場合、微小な波長のずれにより対物レンズで生じる軸上色収差は許容できない重要な問題となるが、その原因として以下のことが挙げられる。一般のレンズ材料は短波長を取り扱う場合、微小な波長変動に対して屈折率変化が大きい。その結果、焦点のデフォーカス量が大きくなる。ところが、対物レンズの焦点深度は、 $k\lambda/NA^2$  ( $k$ は比例定数)で表されることから分かるように、使用波長( $\lambda$ )が短いほど焦点深度が小さくなり、わずかなデフォーカス量も許されない。ISOM/ODS'99 Postdeadline Poster PapersのセッションWD26では、GaIn青色半導体レーザについ

\*であってもよい。

【0089】更に、本発明による各光ピックアップ装置は、光源と、この光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行う光ピックアップ装置であって、前記カップリングレンズは前記対物レンズの色収差を補正する機能を有し、上記対物レンズとして上述の両面非球面単玉対物レンズをそれぞれ備える。この場合、光情報記録媒体からの反射光を検出するが、透過光であってもよい。

【0090】対物レンズを非球面単玉対物レンズとすると、高密度記録再生装置に適した対物レンズを得ることができる一方、屈折系の単玉対物レンズであるため、短波長側でアンダーな軸上色収差を生じるのであるが、上述の光ピックアップ装置によれば、カップリングレンズによってこれを補正することができる。即ち、カップリングレンズ軸上色収差を短波長側でオーバーとすれば、対物レンズの軸上色収差を軽減することができる。これによって上記対物レンズと併せて、簡易な構成で軸上色収差が補正された光学系を有する光ピックアップ装置を得ることができる。

【0091】この場合、前記カップリングレンズは前記光源からの光束をほぼ平行光束にコリメートするコリメートレンズであってもよい。この構成によれば、ピックアップ光学系の組み立て調整が簡易となる。

【0092】また、前記対物レンズと前記カップリングレンズとの合成系の色収差が次式(20)を満たすようにできる。

$$\text{【0093】}$$

※【0094】また、次式(20)'を満たすことが更に好ましい。

$$\text{【0095】}$$

て、スペクトル幅が0.7nm(FWHM)の高周波重畳が示されている。ピックアップ光学系の波面収差は、この高周波重畳に対して0.02 $\lambda$ rms程度に抑えることが望ましい。このために必要な軸上色収差の補正の程度を色の球面収差が補正されていると仮定して概略的に求めてみた。すると、基準波長400nmの場合、ディスク側の開口数をNAとすると、スペクトル幅が、0.7nm(FWHM)の高周波重畳に対して、波面収差を0.02 $\lambda$ rmsに抑えるには、合成系の軸上色収差を波長変動1nmに対し、約0.15 $\mu m/NA^2$ 以内に抑えることが必要であった。一方、合成系の軸上色収差は完全に補正する必要はなく、波面収差が許容できる範囲で残存していてもよい。本願のように対物レンズ

が屈折系の単玉レンズの場合、対物レンズでは長波長に対し軸上色収差はプラスなので、合成系でも長波長に対しプラスの値で残存させることにより、カップリングレンズを簡易に構成することができる。例えば、カップリングレンズを1群2枚の接合レンズで構成する場合、合成系を完全に色補正する場合よりもカップリングレンズの各レンズ要素のパワーが弱くなって、作り易く収差の良いカップリングレンズができる。またカップリングレンズを回折レンズとして色補正する場合でも、回折面のパワーが弱くてすむため、回折輪帯の間隔が大きくなって、回折効率の高い回折レンズを製造しやすくなる。このために上記条件式の下限を設けた。

【0097】また、合成系の倍率 $m$ に関し次式を満たすことが好ましい。

【0098】 $0.1 \leq |m| \leq 0.5$  ( $m < 0$ )

但し、 $m$ ：対物レンズとカップリングレンズとの合成系の倍率

【0099】上記条件式の下限以上であると、合成系がコンパクトとなり、上限以下であると、カップリングレンズの収差が良くなる。

【0100】また、前記カップリングレンズは1枚であっても、複数枚から構成されていてもよいが、1群2枚構成であることが好ましい。カップリングレンズが1群2枚構成であることにより、カップリングレンズが製造しやすく簡易な構成となる。また、1群2枚構成のカップリングレンズを用いる場合、軸上性能を保持したまま短波長側でオーバー、長波長側でアンダーな軸上色収差を大きく発生させることができる。その結果、合成系で軸上性能を保持しつつ、対物レンズで発生する短波長側でアンダー、長波長側でオーバーな軸上色収差をより良好に補正することが可能となり、モードホップのような瞬間的な波長変動に対して有利である。また、このように軸上色収差を短波長側でオーバー、長波長側でアンダーとすると、カップリングレンズの発散作用を持つ接合面の曲率が大きくなりがちである。そのため、基準波長の球面収差を抑え、短波長側でオーバー、長波長側でアンダーな球面収差が大きく発生する。その結果、対物レンズで発生する短波長・長波長側の球面収差をキャンセルするため、波長変動した際の合成系の球面収差を小さく抑えることが可能となる。

【0101】なお、カップリングレンズは、非球面を有することが好ましい。片面のみを非球面としてもよいし、両面非球面としてもよい。また、前記カップリングレンズは非球面を有する1群2枚構成であることにより、非球面の収差補正作用によりカップリングレンズの開口数を大きくでき、全長が短いコンパクトな合成系を得ることができる。

【0102】また、前記カップリングレンズは回折面を有することにより、特にプラスチック非球面レンズに回折面を付加することで、単玉という簡易な構成で性能の

良いカップリングレンズが得られる。この場合、前記カップリングレンズは、単玉レンズであって、一方の面のみに回折面を有することが好ましい。単玉カップリングレンズの両面に回折面を設けると、カップリングレンズの面偏芯時の波面収差が劣化しやすいが、片面のみに回折レンズを設けることで、この劣化を防ぐことができる。

【0103】また、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することが好ましい。光ピックアップ装置の集光光学系で生じた球面収差の補正に関し、光学系の球面収差がオーバー或いはアンダー側に変動した場合、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0104】また、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微小な変動に起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することが好ましい。光源の半導体レーザの発振波長が変動した場合に光ピックアップ装置の集光光学系で生じた球面収差の補正に関し、発振波長が基準波長からシフトした場合、光学系ではオーバー或いはアンダーな球面収差が発生する。カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0105】また、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、温湿度変化に起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することが好ましい。温度或いは湿度が変化した場合に光ピックアップ装置の集光光学系で生じた球面収差の補正に関し、温湿度変化に起因して光学系でオーバー或いはアンダーな球面収差が発生した場合、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0106】また、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光情報記録媒体の保護層の厚みの微小な変動に起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することが好ましい。光情報記録媒体の保護層の厚み誤差に起因して光学系で発生する球面収差の補正に関し、保護層が厚くなる方向に誤差を持つ場合、光学系ではオーバーな球面収差が薄くなる方向に誤差を持つ場合、アンダーな球面収差が発生する。このとき、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0107】また、前記カップリングレンズは、光軸方



向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微小な変動、或いは温湿度変化、或いは前記光情報記録媒体の保護層の厚みの微小な変動のうち少なくとも2つ以上の組み合わせに起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することが好ましい。レーザの発振波長の微小な変動、或いは温湿度変化、或いは光情報記録媒体の保護層の厚みの微小な変動のうち少なくとも2つ以上の組み合わせに起因して、光学系で発生した球面収差の補正に関し、この場合もカップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0108】また、前記光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは、前記カップリングレンズは前記対物レンズとの間隔を増加させるように光軸方向に沿って変移し、前記光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは、前記カップリングレンズは前記対物レンズとの間隔を減少させるように光軸方向に沿って変移することで光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することが好ましい。対物レンズとの間隔を増加させるようにカップリングレンズを光軸方向に沿って変移させれば、対物レンズには変移させる前に比べて発散光が入射するので、対物レンズではアンダーな球面収差を発生させることが出来る。従って、上で述べた原因に起因して光学系でオーバーな球面収差が発生した場合、適切な量だけカップリングレンズを変移させ対物レンズとの間隔を増加させれば、発生したオーバーな球面収差をちょうどキャンセルすることが出来る。逆に、対物レンズとの間隔を減少させるようにカップリングレンズを光軸方向に沿って変移させれば、対物レンズには変移させる前に比べて収束光が入射するので、対物レンズではオーバーな球面収差を発生させることが出来る。従って、上で述べた原因に起因して光学系でアンダーな球面収差が発生した場合、適切な量だけカップリングレンズを変移させ対物レンズとの間隔を減少させれば、発生したアンダーな球面収差をちょうどキャンセルすることが出来る。

【0109】また、前記カップリングレンズを光軸方向に沿って変移させる変移装置を含むことが好ましい。実際の光ピックアップ装置では、再生信号のRF振幅などをモニターしながら、光学系で発生した球面収差が最適に補正されるようにカップリングレンズを変移させる。このカップリングレンズの変移装置としては、ボイスコイル型アクチュエーターやピエゾアクチュエーターなどを用いることが出来る。

【0110】なお、本発明による対物レンズ及びカップリングレンズをプラスチック材料から形成する場合、飽和吸水率が0.01%以下であり、光源波長が350～500nmの領域で光透過率が85%以上である材料を用いるのが好ましい。

【0111】また、上述の各光ピックアップ装置は、対

物レンズを介してレーザ光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光し、その光情報記録媒体からの光を検出器で検出することにより、光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行うことができる。

【0112】上記光情報記録媒体には、例えば、CD、CD-R、CD-RW、CD-Video、CD-ROM等の各種CD、DVD、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW等の各種DVD、或いはMD等のディスク状の光情報記録媒体が挙げられるが、更に記録密度を高めた新規の高密度光情報記録媒体をも含む。

【0113】

【発明の実施の形態】以下、本発明による実施の形態について図面を用いて説明する。図8は本発明の実施の形態を示す光ピックアップ装置の概略的な構成図である。

【0114】図8の光ピックアップ装置は、対物レンズとして本発明による上述の両面非球面単玉対物レンズを使用したものであり、光源である半導体レーザ3と、光源3から射出される発散光の発散角を変換するカップリングレンズ2と、カップリングレンズ2からの光束を光情報記録媒体の情報記録面5に集光する対物レンズ1と、光情報記録媒体の情報記録面5からの反射光を受光する光検出器4とを備えている。

【0115】図8の光ピックアップ装置は、更に、情報記録面5からの反射光を光検出器4に向けて分離するビームスプリッタ6と、カップリングレンズ2と対物レンズ1との間に配置された1/4波長板7と、対物レンズ8に前置された絞り8と、シリンドリカルレンズ9と、フォーカス・トラッキング用の2軸アクチュエータ10とを備える。つまり、本実施形態において、集光光学系は、ビームスプリッタと、カップリングレンズと、1/4波長板と、対物レンズと、絞りとを有するものである。なお、本実施形態においては、ビームスプリッタは、集光光学系に含まれないものと見なしてもよい。

【0116】また、対物レンズ1は、その外周に光軸に対し垂直方向に延びた面を持つフランジ部1aを有する。このフランジ部1aにより、対物レンズ1を光ピックアップ装置に精度よく取付ることができる。

【0117】そして、カップリングレンズ2は、入射された発散光束を光軸に対して、ほぼ平行光束にするコリメートレンズであっても良い。この場合は、コリメートレンズ2からの出射光束がほぼ平行光となるように、光源3もしくはコリメートレンズ2を、コリメートレンズの光軸方向に移動調整可能にすることが望ましい。

【0118】以上のように、本発明の光ピックアップ装置は、光源からの発散光束をほぼ平行光に変換するためのコリメートレンズと、該平行光を情報記録面に集光するための対物レンズとで構成しても良く、また、光源からの発散光束の角度を変えて発散光束又は収束光束に変換するための変換レンズであるカップリングレンズと、該カップリングレンズからの光束を情報記録面に集光す



るための対物レンズとで構成しても良い。また、光源からの発散光束を情報記録面に集光するための対物レンズ（有限共役型対物レンズ）のみで構成しても良い。

【0119】そして、このような光ピックアップ装置に本発明による非球面単玉対物レンズを使用することにより、光ディスク用の高密度記録再生が可能な光ピックアップ装置を得ることが出来る。

【0120】図57は、図8の光ピックアップ装置に、カップリングレンズ2を光軸方向に沿って変移させるための1軸アクチュエータ11を備えさせた光ピックアップ装置を示す図である。この変移装置としての1軸アクチュエータ11によって、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させて対物レンズ1に入射する光束の発散角を変えることにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。また、光源の半導体レーザ3の発振波長が変動した場合、温度或いは湿度が変化した場合、光情報記録媒体の保護層の厚み誤差に起因して光学系で球面収差が発生する場合等に、1軸アクチュエータ11でカップリングレンズ2を光軸方向に適切な量だけ変移させて対物レンズ1に入射する光束の発散角を変えることにより、光学系で生じた球面収

差の変動をキャンセルすることが出来る。

#### 【0121】

【実施例】次に、本発明による対物レンズ及び光ピックアップ装置の実施例1～15、28及びカップリングレンズとカップリングレンズ及び光ピックアップ装置の実施例16～27、29～32について説明する。なお、光ピックアップ装置の概略的な構成の例は、実施の形態で説明した図8、図57に示す通りであり、以下の各実施例に記述した構成や条件を満たすように、半導体レーザの基準波長の選択（光源の設定）、カップリングレンズの使用や削除あるいはカップリングレンズとしてコーミートレンズの使用といった設定、絞り8の開口の設定、また各部品の配置位置の設定等を行い、それに各実施例の対物レンズやカップリングレンズを搭載することにより本発明による光ピックアップ装置を得たものである。

【0122】まず、対物レンズの実施例を説明する。以下の表1に実施例1～15、28のデータの一覧を示す。

#### 【0123】

##### 【表1】

実施例一覧表

実施例	1	2	3	4	5	6	
f	1.76	1.78	1.78	1.76	0.13	2.65	
NA	0.85	0.75	0.85	0.75	0.83	0.85	
波長(nm)	400	400	400	400	660	400	
d 1/f	1.79	1.73	1.68	1.59	1.76	1.79	
f/νd	0.048	0.048	0.033	0.033	0.003	0.047	
νd	37.0	37.0	53.2	53.2	40.9	56.0	
r 1/(n・f)	0.53	0.53	0.50	0.50	0.49	0.48	
n	1.85614	1.85614	1.71667	1.71667	1.79998	1.58119	
波面収差 (λ rms)	軸上	0.010	0.005	0.012	0.006	0.003	0.022
	軸外	0.054	0.029	0.060	0.033	0.019	0.121
	(像高)	(0.03mm)	(0.03mm)	(0.03mm)	(0.03mm)	(0.005mm)	(0.03mm)
	(画角)	(1°)	(1°)	(1°)	(1°)	(2°)	(0.6°)

7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.78	1.76	1.78	1.76	1.76	1.78	1.78	1.76	1.76
0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
400	405	405	405	405	405	405	405	405
1.42	1.58	1.47	1.51	1.50	1.36	2.07	2.22	1.43
0.048	0.033	0.030	0.019	0.022	0.083	0.083	0.108	0.030
37.0	53.2	56.5	95.0	81.6	21.2	21.2	18.6	59.5
0.47	0.47	0.44	0.42	0.44	0.44	0.60	0.64	0.46
1.85614	1.71558	1.52523	1.44260	1.50716	2.15857	2.15857	2.34860	1.52523
0.005	0.008	0.008	0.014	0.009	0.002	0.008	0.008	0.010
0.070	0.063	0.098	0.118	0.108	0.112	0.032	0.030	0.081
(0.03mm) (1°)	(0.03mm) (1°)	(0.03mm) (1°)	(0.03mm) (1°)	(0.03mm) (1°)	(0.03mm) (1°)	(0.03mm) (1°)	(0.03mm) (1°)	(0.03mm) (1°)

実施例		28
f		1.76
NA		0.85
波長(nm)		405
d 1/f		1.50
f/v d		0.031
v d		56.5
r 1/(n · f)		0.44
n		1.52491
波面収差 (λ rms)	軸上	0.006
	軸外	0.086
	(像高)	(0.03mm)
	(画角)	(1°)

【0124】実施例1～4及び6、7の対物レンズは、基準波長400nm用としての無限対物レンズであり、実施例8～15の対物レンズは、基準波長405nm用としての無限対物レンズである。実施例6、9ではそれぞれ、対物レンズと光情報記録媒体の像面との間に、0.1mm厚の光情報記録媒体の保護層を想定するとともに、0.1mm以上のワーキングディスタンスとを設け、対物レンズにはプラスチック材料を使用している。実施例5の対物レンズは、基準波長660nm用としての有限対物レンズである。また、実施例15は、回折部を有する実施例である。なお、表1の、「波面収差」の「軸外」と記載されている部分の項が、像高特性を示し\*

＊ている。表1から、実施例1～15において、像高特性が良好であることがわかる。なお、レンズの材料は、実施例6、9、15がプラスチックであり、それら以外の実施例がガラスである。また、実施例5は透明基板なしで、それ以外の実施例の透明基板は0.1mmである。

【0125】また、本実施例における非球面については、光軸方向をx軸、光軸に垂直な方向の高さをh、面の曲率半径をrとするとき次式(数1)で表す。但し、Kを円錐係数、A2iを非球面係数とする。

【0126】

【数1】

$$x = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1+K)h^2/r^2}} + \sum_{i=2} A_2i h^{2i}$$

【0127】〈実施例1〉

【0128】レンズデータを表2、非球面係数を表3に示す。実施例1のレンズを図1に示すが、図1(a)は

断面図であり、図1(b)は収差図である。

【0129】λ(波長) = 400nm

【0130】f = 1.765mm

【0131】NA=0.85

【0132】倍率=0

\*【0133】

\*【表2】

	r(mm)	d(mm)	N	$\nu d$
1*	1.72078	3.150	1.85614	37.0
2*	-1.92753	0.213		
3	$\infty$	0.100	1.62158	30.0 } カバーガラス
4	$\infty$	0.000		

\*: 非球面

【0134】

【表3】

非球面係数	
第1面	第2面
$K = -0.319957$	$K = -126.71803$
$A_4 = -0.897201 \times 10^{-3}$	$A_4 = 0.446627 \times 1$
$A_6 = -0.132966 \times 10^{-2}$	$A_6 = -0.374370 \times 10$
$A_8 = 0.567005 \times 10^{-3}$	$A_8 = 0.128630 \times 10$
$A_{10} = -0.488314 \times 10^{-3}$	$A_{10} = -0.176551 \times 10$
$A_{12} = 0.337127 \times 10^{-4}$	$A_{12} = -0.252229 \times 10^{-3}$
$A_{14} = 0.426690 \times 10^{-4}$	
$A_{16} = -0.200712 \times 10^{-4}$	

【0135】〈実施例2〉

【0136】レンズデータを表4、非球面係数を表5に示す。実施例2のレンズを図2に示すが、図2(a)は断面図であり、図2(b)は収差図である。

【0137】 $\lambda$  (波長) = 400 nm【0138】 $f = 1.765$  mm

【0139】NA=0.75

【0140】倍率=0

【0141】

【表4】

	r(mm)	d(mm)	N	$\nu d$
1*	1.72793	3.037	1.85614	37.0
2*	-2.27646	0.272		
3	$\infty$	0.100	1.62158	30.0 } カバーガラス
4	$\infty$	0.000		

\*: 非球面

【0142】

【表5】

非球面係数	
第1面	第2面
$K = -0.332121$	$K = -87.525272$
$A_4 = -0.142338 \times 10^{-2}$	$A_4 = 0.378863 \times 1$
$A_6 = -0.145971 \times 10^{-2}$	$A_6 = -0.330567 \times 10$
$A_8 = 0.480431 \times 10^{-3}$	$A_8 = 0.125735 \times 10^2$
$A_{10} = -0.506544 \times 10^{-3}$	$A_{10} = -0.193685 \times 10^2$
$A_{12} = 0.213333 \times 10^{-4}$	$A_{12} = -0.252229 \times 10^{-3}$
$A_{14} = 0.180460 \times 10^{-4}$	
$A_{16} = -0.104472 \times 10^{-4}$	

【0143】〈実施例3〉

10 【0144】レンズデータを表6、非球面係数を表7に示す。実施例3のレンズを図3に示すが、図3(a)は断面図であり、図3(b)は収差図である。

【0145】 $\lambda$  (波長) = 400 nm【0146】 $f = 1.765$  mm

【0147】NA=0.85

【0148】倍率=0

【0149】

【表6】

	r(mm)	d(mm)	N	$\nu d$
1*	1.51143	2.948	1.71667	53.2
2*	-1.44415	0.267		
3	$\infty$	0.100	1.62158	30.0 } カバーガラス
4	$\infty$	0.000		

\*: 非球面

20

【0150】

【表7】

非球面係数	
第1面	第2面
$K = -0.435901$	$K = -59.503252$
$A_4 = 0.227660 \times 10^{-2}$	$A_4 = 0.330895 \times 1$
$A_6 = -0.331034 \times 10^{-2}$	$A_6 = -0.173954 \times 10$
$A_8 = 0.363944 \times 10^{-2}$	$A_8 = 0.376531 \times 10$
$A_{10} = -0.258170 \times 10^{-2}$	$A_{10} = -0.327613 \times 10$
$A_{12} = 0.676932 \times 10^{-3}$	$A_{12} = -0.252229 \times 10^{-3}$
$A_{14} = 0.153229 \times 10^{-4}$	
$A_{16} = -0.463776 \times 10^{-4}$	

30

【0151】〈実施例4〉

【0152】レンズデータを表8、非球面係数を表9に示す。実施例4のレンズを図4に示すが、図4(a)は断面図であり、図4(b)は収差図である。

40 【0153】 $\lambda$  (波長) = 400 nm【0154】 $f = 1.765$  mm

【0155】NA=0.75

【0156】倍率=0

【0157】

【表8】

35

	r(mm)	d(mm)	N	$\nu d$
1*	1.51629	2.801	1.71667	53.2
2*	-1.74498	0.342		
3	$\infty$	0.100	1.62158	30.0
4	$\infty$	0.000		

\*: 非球面

【0158】

【表9】

非球面係数	
第1面	第2面
$K = -0.448813$	$K = -46.678777$
$A_4 = 0.580310 \times 10^{-3}$	$A_4 = 0.219283 \times 1$
$A_6 = -0.158678 \times 10^{-2}$	$A_6 = -0.124381 \times 10$
$A_8 = 0.136862 \times 10^{-2}$	$A_8 = 0.291780 \times 10$
$A_{10} = -0.198562 \times 10^{-2}$	$A_{10} = -0.280227 \times 10$
$A_{12} = 0.114053 \times 10^{-2}$	$A_{12} = -0.252229 \times 10^{-3}$
$A_{14} = -0.438727 \times 10^{-3}$	
$A_{16} = 0.508967 \times 10^{-4}$	

【0159】〈実施例5〉

【0160】レンズデータを表10、非球面係数を表10に示す。実施例5のレンズを図5に示すが、図5(a)は断面図であり、図5(b)は収差図である。

【0161】 $\lambda$  (波長) = 660 nm【0162】 $f = 0.131$  mm【0163】 $NA = 0.83$ 

【0164】倍率 = -0.1456

【0165】

【表10】

	r(mm)	d(mm)	N	$\nu d$
1*	0.115	0.226	1.79998	40.9
2*	-0.147	0.000		

\*: 非球面

【0166】

【表11】

非球面係数	
第1面	第2面
$K = -0.3946$	$K = -77.181$
$A_4 = -0.78479 \times 10$	$A_4 = 0.24008 \times 10^2$
$A_6 = -0.23519 \times 10^4$	$A_6 = -0.10585 \times 10^5$
$A_8 = 0.56266 \times 10^5$	$A_8 = 0.93242 \times 10^6$
$A_{10} = -0.27400 \times 10^7$	$A_{12} = -0.10004 \times 10^{10}$
$A_{12} = -0.20657 \times 10^9$	
$A_{14} = 0.75407 \times 10^7$	
$A_{16} = -0.35744 \times 10^{11}$	

【0167】〈実施例6〉

【0168】レンズデータを表12、非球面係数を表13に示す。実施例6のレンズを図6に示すが、図6(a)は断面図であり、図6(b)は収差図である。

【0169】 $\lambda$  (波長) = 400 nm【0170】 $f = 2.647$  mm【0171】 $NA = 0.85$ 

50

36

【0172】倍率 = 0

【0173】

【表12】

10

	r(mm)	d(mm)	N	$\nu d$
1*	1.97771	4.748	1.56119	55.0
2*	-0.81768	0.300		
3	$\infty$	0.100	1.62158	30.0
4	$\infty$	0.000		

\*: 非球面

【0174】

【表13】

非球面係数	
第1面	第2面
$K = -0.576418$	$K = -19.183803$
$A_4 = 0.265281 \times 10^{-2}$	$A_4 = 0.395865 \times 1$
$A_6 = -0.413751 \times 10^{-3}$	$A_6 = -0.922525 \times 1$
$A_8 = 0.317393 \times 10^{-3}$	$A_8 = 0.116730 \times 10$
$A_{10} = -0.591851 \times 10^{-4}$	$A_{10} = -0.591738 \times 1$
$A_{12} = -0.442060 \times 10^{-5}$	$A_{12} = -0.291540 \times 10^{-5}$
$A_{14} = 0.362723 \times 10^{-5}$	
$A_{16} = -0.412233 \times 10^{-8}$	

【0175】〈実施例7〉

【0176】レンズデータを表14、非球面係数を表15に示す。実施例7のレンズを図7に示すが、図7(a)は断面図であり、図7(b)は収差図である。

30

【0177】 $\lambda$  (波長) = 400 nm【0178】 $f = 1.765$  mm【0179】 $NA = 0.85$ 

【0180】倍率 = 0

【0181】

【表14】

40

	r(mm)	d(mm)	N	$\nu d$
1*	1.53773	2.500	1.85614	37.0
2*	-21.60833	0.380		
3	$\infty$	0.100	1.62158	30.0
4	$\infty$	0.000		

\*: 非球面

【0182】

【表15】

非球面係数	
第1面	第2面
$K = -0.329489$	$K = 199.72542$
$A_4 = -0.165113 \times 10^{-2}$	$A_4 = 0.344557 \times 10^{-1}$
$A_6 = -0.913997 \times 10^{-3}$	$A_6 = -0.119299 \times 10^{-1}$
$A_8 = -0.127668 \times 10^{-3}$	$A_8 = 0.181507 \times 10^{-1}$
$A_{10} = -0.319026 \times 10^{-3}$	$A_{10} = -0.110457 \times 10^{-1}$
$A_{12} = 0.691773 \times 10^{-4}$	$A_{12} = -0.252229 \times 10^{-3}$
$A_{14} = -0.241646 \times 10^{-4}$	
$A_{16} = -0.187683 \times 10^{-4}$	

実施例8

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$   
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$   
 $NA = 0.85$   
 倍率 = 0

	$r \text{ (mm)}$	$d \text{ (mm)}$	$n$	$v d$
1*	1.43376	2.750	1.71558	63.2
2*	-2.11753	0.290		
3	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4	$\infty$	0.000		

\*: 非球面

## 非球面係数

## 第1面

$K = -0.452646$   
 $A_4 = 0.571669E-02$   
 $A_6 = -0.591147E-02$   
 $A_8 = 0.721339E-02$   
 $A_{10} = -0.398819E-02$   
 $A_{12} = 0.390519E-03$   
 $A_{14} = 0.446956E-03$   
 $A_{16} = -0.135385E-03$

## 第2面

$K = -185.75159$   
 $A_4 = 0.281279E+00$   
 $A_6 = -0.742134E+00$   
 $A_8 = 0.667680E+00$   
 $A_{10} = -0.195290E+00$   
 $A_{12} = -0.252228E-03$

【0186】〈実施例9〉

【0187】レンズデータ及び非球面係数を表17に示す。実施例9の対物レンズの断面図を図11に示し、収

\*【0183】〈実施例8〉

【0184】レンズデータ及び非球面係数を表16に示す。実施例8の対物レンズの断面図を図9に示し、収差図を図10に示す。また、第1面で1 $\mu\text{m}$ 偏芯時の波面収差は0.021 $\lambda$ であり、像高特性は0.011 $\lambda$  (内、コマ収差成分0.007 $\lambda$ )であった。

【0185】

【表16】

差図を図12に示す。

【0188】

【表17】

39  
実施例9

40

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$   
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$   
 $NA = 0.85$   
 倍率 = 0

	r (mm)	d (mm)	n	v d
1*	1.17503	2.602	1.52523	59.5
2*	-1.04152	0.357		
3	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4	$\infty$	0.000		

\* ; 非球面

## 非球面係数

## 第1面

$K = -0.682004$   
 $A_4 = 0.180213E-01$   
 $A_6 = 0.368416E-02$   
 $A_8 = 0.140365E-02$   
 $A_{10} = 0.342876E-03$   
 $A_{12} = -0.311534E-04$   
 $A_{14} = 0.103341E-03$   
 $A_{16} = 0.141728E-04$

## 第2面

$K = -29.373780$   
 $A_4 = 0.297543E+00$   
 $A_6 = -0.423018E+00$   
 $A_8 = 0.295535E+00$   
 $A_{10} = -0.829290E-01$   
 $A_{12} = -0.252257E-03$

【0189】〈実施例10〉

収差図を図14に示す。

【0190】レンズデータ及び非球面係数を表18に示す。実施例10の対物レンズの断面図を図13に示し、

【0191】

【表18】

41

実施例10

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$   
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$   
 $NA = 0.85$   
 倍率 = 0

	r (mm)	d (mm)	n	v d.
1*	1.07547	2.657	1.44260	95.0
2*	-0.69088	0.366		
3	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4	$\infty$	0.000		

\*: 非球面

## 非球面係数

## 第1面

$K = -0.700141$   
 $A_4 = 0.190496E-01$   
 $A_6 = 0.502475E-02$   
 $A_8 = 0.115240E-02$   
 $A_{10} = 0.134395E-03$   
 $A_{12} = 0.369702E-04$   
 $A_{14} = 0.315362E-03$   
 $A_{16} = -0.398715E-04$

## 第2面

$K = -12.891107$   
 $A_4 = 0.262567E+00$   
 $A_6 = -0.355053E+00$   
 $A_8 = 0.236709E+00$   
 $A_{10} = -0.631951E-01$   
 $A_{12} = -0.253345E-03$

【0192】〈実施例11〉

【0193】レンズデータ及び非球面係数を表19に示す。  
 実施例11の対物レンズの断面図を図15に示し、

収差図を図16に示す。

【0194】

【表19】



43  
実施例11

44

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$   
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$   
 $NA = 0.85$   
 倍率 = 0

	r (mm)	d (mm)	n	$\nu_d$
1*	1.15821	2.647	1.50716	81.6
2*	-0.90947	0.346		
3	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4	$\infty$	0.000		

\* : 非球面

## 非球面係数

## 第1面

K = -0.661186  
 A4 = 0.159215E-01  
 A6 = 0.483822E-02  
 A8 = -0.630221E-03  
 A10 = 0.130734E-02  
 A12 = -0.585454E-04  
 A14 = -0.503797E-04  
 A16 = 0.569157E-04

## 第2面

K = -24.300945  
 A4 = 0.296712E+00  
 A6 = -0.416550E+00  
 A8 = 0.289015E+00  
 A10 = -0.807695E-01  
 A12 = -0.252243E-03

【0195】〈実施例12〉

【0196】レンズデータ及び非球面係数を表20に示す。実施例12の対物レンズの断面図を図17に示し、

収差図を図18に示す。

【0197】

【表20】

45  
実施例12

46

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$   
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$   
 $NA = 0.85$   
 倍率 = 0

	r (mm)	d (mm)	n	$\nu_d$
1*	1.69377	2.400	2.15857	21.2
2*	2.36431	0.361		
3	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4	$\infty$	0.000		

\* ; 非球面

## 非球面係数

## 第1面

K = -0.413733  
 A 4 = 0.330545E-02  
 A 6 = -0.226795E-03  
 A 8 = 0.133470E-02  
 A 10 = -0.133780E-02  
 A 12 = 0.654514E-03  
 A 14 = -0.152871E-03  
 A 16 = 0.488831E-05

## 第2面

K = -9.944350  
 A 4 = 0.834366E-01  
 A 6 = -0.534921E+00  
 A 8 = 0.647444E+00  
 A 10 = -0.195829E+00  
 A 12 = -0.252217E-03

【0198】〈実施例13〉

収差図を図20に示す。

【0199】レンズデータ及び非球面係数を表21に示す。実施例13の対物レンズの断面図を図19に示し、

【0200】

【表21】

47  
実施例13

48

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$   
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$   
 $NA = 0.85$   
 倍率=0

	r (mm)	d (mm)	n	$\nu d$
1*	2.30000	3.650	2.15857	21.2
2*	-2.73024	0.200		
3	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4	$\infty$	0.000		

\*: 非球面

# 非球面係数

## 第1面

K=-0.456357  
 A4=0.712833E-03  
 A6=-0.604365E-03  
 A8=0.898662E-03  
 A10=-0.133726E-02  
 A12=0.785181E-03  
 A14=-0.223083E-03  
 A16=0.199958E-04

## 第2面

K=-219.93144  
 A4=-0.962060E-01  
 A6=-0.200434E+00  
 A8=0.741851E+00  
 A10=-0.292121E+00  
 A12=-0.252226E-03

【0201】〈実施例14〉

【0202】レンズデータ及び非球面係数を表22に示す。実施例14の対物レンズの断面図を図21に示し、

収差図を図22に示す。

【0203】

【表22】

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$   
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$   
 $NA = 0.85$   
 倍率=0

	r (mm)	d (mm)	n	v d
1*	2.64228	3.919	2.34860	16.6
2*	-3.55612	0.200		
3	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4	$\infty$	0.000		

\*: 非球面

### 非球面係数

#### 第1面

$K = -0.467576$   
 $A_4 = 0.555792E-03$   
 $A_6 = -0.149475E-02$   
 $A_8 = 0.178501E-02$   
 $A_{10} = -0.157718E-02$   
 $A_{12} = 0.651169E-03$   
 $A_{14} = -0.127250E-03$   
 $A_{16} = 0.484981E-05$

#### 第2面

$K = -321.19491$   
 $A_4 = -0.195720E+00$   
 $A_6 = 0.310825E+00$   
 $A_8 = -0.244958E+00$   
 $A_{10} = 0.486778E-01$   
 $A_{12} = -0.252220E-03$

【0204】〈実施例15〉

収差図を図24に示す。

【0205】レンズデータ及び非球面係数を表23に示す。実施例15の対物レンズの断面図を図23に示し、  
実施例15

【0206】

【表23】

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$   
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$   
 $NA = 0.85$   
 倍率=0

	r (mm)	d (mm)	n	v d
1 (非球面1, 回折面1)	1.23647	2.532	1.52523	59.5
2 (非球面2)	-1.18419	0.336		
3	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4	$\infty$	0.000		

#### 非球面1

$K = -0.68816$   
 $A_4 = 0.17621E-01$   
 $A_6 = 0.32160E-02$   
 $A_8 = 0.17762E-02$   
 $A_{10} = 0.28747E-03$   
 $A_{12} = -0.17669E-03$   
 $A_{14} = 0.94949E-04$   
 $A_{16} = 0.17955E-04$

#### 回折面1

$b_2 = -0.20985E-01$   
 $b_4 = -0.26478E-02$   
 $b_6 = -0.31346E-03$   
 $b_8 = -0.63327E-04$   
 $b_{10} = -0.45002E-04$   
 $b_{12} = -0.20458E-04$   
 $b_{14} = -0.10510E-04$   
 $b_{16} = 0.36615E-05$

#### 非球面2

$K = -41.704463$   
 $A_4 = 0.362699E+00$   
 $A_6 = -0.534069E+00$   
 $A_8 = 0.354745E+00$   
 $A_{10} = -0.793612E-01$   
 $A_{12} = -0.252257E-03$

【0207】なお、回折面は、光路差関数 $\Phi_b$ として次式(数2)により表すことができる(後述する実施例26においても同様である)。ここで、 $h$ は光軸に垂直な方向の高さであり、 $b$ は光路差関数の係数である。

【0208】

【数2】

$$\Phi_b = \sum_{i=1}^{\infty} b_{2i} h^{2i}$$

【0209】以上のように、実施例1～15及び後述の実施例28によれば、光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて開口数が大きく、像高特性の良い非球面単玉対物レンズを得ることが出来た。例えば、実施例1に見るように、波長400nmで開口数0.85であって、画角1°の像高に対し波面収差のrmsが0.07λ

\* (λは波長)以下の単玉対物レンズを得ることが出来た。即ち、開口数が0.65以上と大きく、像高特性の良い、高密度記録再生装置に用いるのに好適な、光ピックアップ装置用の両面非球面単玉対物レンズを得ることが出来た。また、実施例1～15、28において、偏心感度も良好にでき、球面収差、コマ収差も良好に補正可能である。また、実施例8及び28のように、像高特性及び第1面1μm偏芯時の波面収差は0.035λ以下であり、本発明による対物レンズは像高特性及び偏芯感度10度が良好に補正されている。

【0210】次に、カップリングレンズの実施例を説明する。以下の表24に実施例16～27のデータの一覧を示す。

【0211】

【表24】

実施例	16	17	18	19	20	21
対物レンズの材料	ガラス	ガラス	プラスチック	プラスチック	ガラス	ガラス
対物レンズの焦点距離	1.765	1.765	1.765	1.765	1.765	1.765
対物レンズのNA	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
基準波長	405nm	405nm	405nm	405nm	405nm	405nm
カップリングレンズの構成	球面 タブレット	球面 タブレット	球面 タブレット	球面 タブレット	非球面 タブレット	非球面 タブレット
カップリングレンズから射出する 光束の発散角	平行光束	平行光束	平行光束	平行光束	平行光束	平行光束
$0.1 \leq  m  \leq 0.6$ ( $m < 0$ )	0.20	0.13	0.20	0.13	0.33	0.20
$\delta fb \cdot NA^2 \leq 0.25 \mu m$ $0.02 \mu m \leq \delta fb \cdot NA^2 \leq 0.15 \mu m$ ( $\delta fb$ )	0.14	0.087	0.16	0.12	0.071	0.034
	0.19	0.12	0.22	0.17	0.098	0.047

実施例	22	23	24	25	26	27
対物レンズの材料	ガラス	プラスチック	プラスチック	プラスチック	プラスチック	高屈折率 ガラス
対物レンズの焦点距離	1.765	1.765	1.765	1.765	1.765	1.765
対物レンズのNA	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
基準波長	405nm	405nm	405nm	405nm	405nm	405nm
カップリングレンズの構成	非球面 タブレット	非球面 タブレット	非球面 タブレット	非球面 タブレット	単玉回折 レンズ	非球面 タブレット
カップリングレンズから射出する 光束の発散角	平行光束	平行光束	平行光束	平行光束	平行光束	平行光束
$0.1 \leq  m  \leq 0.6$ ( $m < 0$ )	0.13	0.33	0.20	0.13	0.29	0.10
$\delta fb \cdot NA^2 \leq 0.25 \mu m$ $0.02 \mu m \leq \delta fb \cdot NA^2 \leq 0.15 \mu m$ ( $\delta fb$ )	0.0031	0.10	0.060	0.031	0.12	0.06
	0.0043	0.14	0.083	0.043	0.17	0.08

実施例	28	30	31	32
対物レンズの材料	プラスチック	プラスチック	プラスチック	プラスチック
対物レンズの焦点距離	1.765	1.765	1.765	1.765
対物レンズのNA	0.85	0.85	0.85	0.85
基準波長	405nm	405nm	405nm	405nm
カップリングレンズの構成	単玉回折 レンズ	単玉回折 レンズ	非球面 タブレット	単玉回折 レンズ
カップリングレンズから射出する 光束の発散角	平行光束	平行光束	平行光束	平行光束
$0.1 \leq  m  \leq 0.5$ ( $m < 0$ )	0.26	0.27	0.2	0.15
$\delta fb \cdot NA^2 \leq 0.25 \mu m$ $0.02 \mu m \leq \delta fb \cdot NA^2 \leq 0.15 \mu m$ ( $\delta fb$ )	0.061	-0.061	0.030	-0.05
	0.064	-0.085	0.044	-0.069

【0212】〈実施例16〉

【0213】レンズデータ及び非球面係数を表25に示す。実施例16の1群2枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図25に示し、球面収差図を図2

6に示す。

【0214】

【表25】

53

54

面 No		r (mm)	d (mm)	n	$\nu d$
光源			6.410		
1	カップリング レンズ	-65.708	1.423	1.91409	23.8
2		5.042	2.242	1.75166	54.7
3		-5.033	5.000		
絞り		$\infty$	0		
4(非球面 1)	対物レンズ	1.434	2.750	1.71558	53.2
5(非球面 2)		-2.118	0.290		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
7		$\infty$			

## 非球面 1

$$K = -0.452646$$

$$A4 = 0.571669E-2$$

$$A6 = -0.691147E-2$$

$$A8 = 0.721339E-2$$

$$A10 = -0.398819E-2$$

$$A12 = 0.390519E-3$$

$$A14 = 0.446956E-3$$

$$A16 = -0.135385E-3$$

## 非球面 2

$$K = -185.751580$$

$$A4 = 0.281279$$

$$A6 = -0.742134$$

$$A8 = 0.667680$$

$$A10 = -0.195290$$

$$A12 = -0.252228E-3$$

【0215】〈実施例 17〉

8 に示す。

【0216】レンズデータ及び非球面係数を表 26 に示す。実施例 17 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 27 に示し、球面収差図を図 2

【0217】

【表 26】

55

56

面 No		r (mm)	d (mm)	n	$\nu d$
光源			9.838		
1	カップリング レンズ	-9.865	1.149	1.91409	23.8
2		5.102	2.500	1.75166	54.7
3		-4.713	5.000		
絞り		$\infty$	0		
4(非球面 1)	対物レンズ	1.434	2.750	1.71558	53.2
5(非球面 2)		-2.118	0.290		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
7		$\infty$			

非球面 1

K=-0.452646

A4=0.571669E-2

A6=-0.591147E-2

A8=0.721339E-2

A10=-0.398819E-2

A12=0.390519E-3

A14=0.446956E-3

A16=-0.135385E-3

非球面 2

K=-185.751580

A4=0.281279

A6=-0.742134

A8=0.667680

A10=-0.195290

A12=-0.252228E-3

【0218】〈実施例18〉

【0219】レンズデータ及び非球面係数を表27に示す。実施例18の1群2枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図29に示し、球面収差図を図3

0に示す。

【0220】

30 【表27】



面 No		r(mm)	d(mm)	n	$\nu_d$
光源			6.410		
1	カップリング レンズ	-65.708	1.423	1.91409	23.8
2		5.042	2.242	1.75168	54.7
3		-5.033	5.000		
絞り		$\infty$	0		
4(非球面 1)	対物レンズ	1.175	2.602	1.52523	59.5
5(非球面 2)		-1.042	0.357		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
7		$\infty$			

## 非球面 1

$$K = -0.682004$$

$$A4 = 0.180213E-1$$

$$A6 = 0.368416E-2$$

$$A8 = 0.140365E-2$$

$$A10 = 0.342876E-3$$

$$A12 = -0.311534E-4$$

$$A14 = 0.169341E-3$$

$$A16 = 0.141728E-4$$

## 非球面 2

$$K = -29.373780$$

$$A4 = 0.297543$$

$$A6 = -0.423018$$

$$A8 = 0.295535$$

$$A10 = -0.829290E-1$$

$$A12 = -0.252257E-3$$

## 【0221】〈実施例 19〉

【0222】レンズデータ及び非球面係数を表 28 に示す。実施例 19 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 31 に示し、球面収差図を図 3

2 に示す。

## 【0223】

## 【表 28】

面 No		r(mm)	d(mm)	n	vd
光源			9.838		
1	カップリング レンズ	-9.865	1.149	1.91409	23.8
2		5.102	2.500	1.75166	54.7
3		-4.713	5.000		
絞り		$\infty$	0		
4(非球面 1)	対物レンズ	1.175	2.602	1.52523	59.5
5(非球面 2)		-1.042	0.357		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
7		$\infty$			

## 非球面 1

$$K = -0.682004$$

$$A4 = 0.180213E-1$$

$$A6 = 0.368416E-2$$

$$A8 = 0.140365E-2$$

$$A10 = 0.342876E-3$$

$$A12 = -0.311534E-4$$

$$A14 = 0.103341E-3$$

$$A16 = 0.141728E-4$$

## 非球面 2

$$K = -29.373780$$

$$A4 = 0.297543$$

$$A6 = -0.423018$$

$$A8 = 0.295535$$

$$A10 = -0.829290E-1$$

$$A12 = -0.252257E-3$$

【0224】〈実施例20〉

【0225】レンズデータ及び非球面係数を表29に示す。実施例20の1群2枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図33に示し、球面収差図を図3

4に示す。

【0226】

【表29】

61  
(実施例 20)

62

面 No		r(mm)	d(mm)	n	vd
光源			3.342		
1	カップリング レンズ	9.926	1.600	1.91409	23.8
2		2.024	2.200	1.71548	53.2
3(非球面 1)		-3.518	5.000		
絞り		$\infty$	0		
4(非球面 2)	対物レンズ	1.434	2.750	1.71558	53.2
5(非球面 3)		-2.118	0.290		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
7		$\infty$			

非球面 1

$K=0.270078$

$A4=0.425585E-3$

$A6=-0.968014E-3$

$A8=0.315494E-3$

$A10=-0.970417E-4$

非球面 2

$K=-0.452648$

$A4=0.571669E-2$

$A6=-0.591147E-2$

$A8=0.721339E-2$

$A10=-0.398819E-2$

$A12=0.390519E-3$

$A14=0.446956E-3$

$A16=-0.135385E-3$

非球面 3

$K=-185.751580$

$A4=0.281279$

$A6=-0.742134$

$A8=0.667680$

$A10=-0.195290$

$A12=-0.252228E-3$

【0227】〈実施例 21〉

【0228】レンズデータ及び非球面係数を表30に示す。実施例16の1群2枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図35に示し、球面収差図を図3

6に示す。

【0229】

【表30】

63  
(実施例 21)

64

面 No		r(mm)	d(mm)	n	$\nu_d$
光源			7.230		
1	カップリング レンズ	13.531	1.000	1.91409	23.8
2		2.551	2.100	1.71548	53.2
3(非球面 1)		-5.765	5.000		
絞り		$\infty$	0		
4(非球面 2)	対物レンズ	1.434	2.750	1.71558	53.2
5(非球面 3)		-2.118	0.290		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
7		$\infty$			

非球面 1

$K=0.699858$

$A4=-0.53797E-3$

$A6=-0.352488E-3$

$A8=0.595790E-4$

$A10=-0.152115E-4$

非球面 2

$K=-0.452646$

$A4=0.571669E-2$

$A6=-0.591147E-2$

$A8=0.721339E-2$

$A10=-0.398819E-2$

$A12=0.390519E-3$

$A14=0.446956E-3$

$A16=-0.135385E-3$

非球面 3

$K=-185.751580$

$A4=0.281279$

$A6=-0.742134$

$A8=0.667680$

$A10=-0.195290$

$A12=-0.252228E-3$

【0230】〈実施例 22〉

【0231】レンズデータ及び非球面係数を表 31 に示す。実施例 22 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 37 に示し、球面収差図を図 3

8 に示す。

【0232】

【表 31】

面 No		r(mm)	d(mm)	n	$\nu d$
光源			11.961		
1	カップリング レンズ	37.967	0.900	1.91409	23.8
2		2.857	2.000	1.71548	53.2
3(非球面 1)		-6.448	5.000		
絞り		$\infty$	0		
4(非球面 2)	対物レンズ	1.434	2.750	1.71558	53.2
5(非球面 3)		-2.118	0.290		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
7		$\infty$			

## 非球面 1

$$K=0.980965$$

$$A4=-0.719068E-3$$

$$A6=-0.177543E-3$$

$$A8=0.364218E-4$$

$$A10=-0.120077E-4$$

## 非球面 2

$$K=-0.452646$$

$$A4=0.571669E-2$$

$$A6=-0.591147E-2$$

$$A8=0.721339E-2$$

$$A10=-0.398819E-2$$

$$A12=0.390519E-3$$

$$A14=0.446956E-3$$

$$A16=-0.185385E-3$$

## 非球面 3

$$K=-185.751580$$

$$A4=0.281279$$

$$A6=-0.742134$$

$$A8=0.667680$$

$$A10=-0.195290$$

$$A12=-0.262228E-3$$

【0233】〈実施例 23〉

【0234】レンズデータ及び非球面係数を表 3 2 に示す。実施例 2 3 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 3 9 に示し、球面収差図を図 4

0 に示す。

【0235】

【表 3 2】

67  
(実施例 23)

68

面 No		r(mm)	d(mm)	n	nd
光源			3.342		
1	カップリング レンズ	9.926	1.600	1.91409	23.8
2		2.024	2.200	1.71548	53.2
3(非球面 1)		-3.518	5.000		
絞り		$\infty$	0		
4(非球面 2)	対物レンズ	1.175	2.602	1.52523	59.5
5(非球面 3)		-1.042	0.357		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
7		$\infty$			

非球面 1

$K=0.270078$

$A4=0.425585E-3$

$A6=-0.968014E-3$

$A8=0.315494E-3$

$A10=-0.970417E-4$

非球面 2

$K=-0.682004$

$A4=0.180213E-1$

$A6=0.368416E-2$

$A8=0.140365E-2$

$A10=0.342876E-3$

$A12=-0.311534E-4$

$A14=0.103341E-3$

$A16=0.141728E-4$

非球面 3

$K=-29.373780$

$A4=0.297543$

$A6=-0.423018$

$A8=0.295535$

$A10=-0.829290E-1$

$A12=-0.252257E-3$

【0236】〈実施例 24〉

【0237】レンズデータ及び非球面係数を表 33 に示す。実施例 24 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 41 に示し、球面収差図を図 4

2 に示す。

【0238】

【表 33】

面 No		r(mm)	d(mm)	n	$\nu d$
光入			7.230		
1	カップリング レンズ	13.531	1.000	1.91409	23.8
2		2.551	2.100	1.71548	63.2
3(非球面 1)		-5.766	5.000		
絞り		$\infty$	0		
4(非球面 2)	対物レンズ	1.175	2.602	1.52523	59.5
5(非球面 3)		-1.042	0.357		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
7		$\infty$			

## 非球面 1

$$K=0.699858$$

$$A4=-0.53797E-3$$

$$A6=-0.362488E-3$$

$$A8=0.695790E-4$$

$$A10=-0.152115E-4$$

## 非球面 2

$$K=-0.682004$$

$$A4=0.180213E-1$$

$$A6=0.368416E-2$$

$$A8=0.140365E-2$$

$$A10=0.342876E-3$$

$$A12=-0.311534E-4$$

$$A14=0.103341E-3$$

$$A16=0.141728E-4$$

## 非球面 3

$$K=-29.373780$$

$$A4=0.297543$$

$$A6=-0.423018$$

$$A8=0.295535$$

$$A10=-0.829290E-1$$

$$A12=-0.262257E-3$$

## 【0239】〈実施例 25〉

【0240】レンズデータ及び非球面係数を表34に示す。実施例25の1群2枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図43に示し、球面収差図を図4

4に示す。

【0241】

【表34】



面 No		r(mm)	d(mm)	n	$\nu_d$
光源			11.961		
1	カップリング レンズ	37.967	0.900	1.91409	23.8
2		2.857	2.000	1.71548	53.2
3(非球面 1)		-6.448	5.000		
絞り		$\infty$	0		
4(非球面 2)	対物レンズ	1.175	2.602	1.52523	59.5
5(非球面 3)		-1.042	0.357		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
7		$\infty$			

## 非球面 1

$$K=0.980965$$

$$A4=-0.719068E-3$$

$$A6=-0.177543E-3$$

$$A8=0.364218E-4$$

$$A10=-0.120077E-4$$

## 非球面 2

$$K=-0.682004$$

$$A4=0.180213E-1$$

$$A6=0.368416E-2$$

$$A8=0.140365E-2$$

$$A10=0.342876E-3$$

$$A12=-0.311534E-4$$

$$A14=0.103341E-3$$

$$A16=0.141728E-4$$

## 非球面 3

$$K=-29.373780$$

$$A4=0.297543$$

$$A6=-0.423018$$

$$A8=0.295535$$

$$A10=-0.829290E-1$$

$$A12=-0.252257E-3$$

## 【0242】〈実施例 26〉

【0243】レンズデータ及び非球面係数を表35に示す。実施例26の1枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図45に示し、球面収差図を図46に

示す。

## 【0244】

## 【表35】

面 No		r(mm)	d(mm)	n	vd
光源			5.103		
1(非球面 1)	カップリング レンズ	15.399	2.000	1.52523	59.5
2(非球面 2, 回折面 1)		-5.377	5.000		
絞り		$\infty$	0		
4(非球面 3)	対物レンズ	1.175	2.602	1.52523	59.5
5(非球面 4)		-1.042	0.357		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
7		$\infty$			

## 非球面 1

K=0

A4=-0.418319E-1

A6=0.41663E-1

A8=0.159039E-1

A10=0.134507E-2

## 非球面 2

K=0

A4=-0.22293E-2

A6=-0.44722E-3

A8=0.25384E-2

A10=0.46638E-3

## 回折面 1

b2=-0.18000E-1

b4=-0.80593E-2

b6=0.62172E-2

b8=-0.26442E-2

b10=0.35943E-3

## 非球面 3

K=-0.682004

A4=0.180213E-1

A6=0.368416E-2

A8=0.140365E-2

A10=0.342876E-3

A12=-0.311534E-4

A14=0.103341E-3

A16=0.141728E-4

## 非球面 4

K=-29.373780

A4=0.297543

A6=-0.423018

A8=0.295535

A10=-0.829290E-1

A12=-0.252257E-3

【0245】〈実施例 27〉

【0246】レンズデータ及び非球面係数を表36に示す。実施例27の1群2枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図47に示し、球面収差図を図4

8に示す。

【0247】

【表36】

75

76

面 No		r (mm)	d (mm)	n	v d
光源			9.531		
1	カップリングレンズ	-11.04660	0.800	2.34749	16.6
2		1.55601	2.000	1.71548	53.3
3 (非球面 1)		-1.99414	5.000		
絞り			0		
4 (非球面 2)	対物レンズ	2.3000	3.650	2.15857	21.1
5 (非球面 3)		-2.73024	0.200		
6	透明基板	$\square \infty$	0.1	1.61950	30.0
7		$\square \infty$			
像面					

非球面 1

k=0.52298

A4=0.342156e-2

A6=0.183722e-2

A8=-0.414740e-3

A10=0.257160e-3

非球面 2

k=-0.456357

A4=0.712833e-3

A6=-0.604365e-3

A8=0.698662e-3

A10=-0.133726e-2

A12=0.785181e-3

A14=-0.223083e-3

A16=0.199958e-4

非球面 3

k=219.931

A4=-0.962060e-1

A6=-0.200434

A8=0.741851

A10=-0.292121

A12=-0.252226e-3

【0248】 以上のように、本発明による対物レンズは屈折系の単玉対物レンズであるため、短波長側でアンダーな軸上色収差を生じるのであるが、実施例16～27によれば、対物レンズとカップリングレンズとの合成系において、カップリングレンズによってこれを補正することができた。カップリングレンズの軸上色収差を短波長側でオーバーとして対物レンズの軸上色収差を軽減することができた。また、実施例16～27において、像高特性も良好である。また、偏心感度も良好にでき、球

面収差、コマ収差も良好に補正可能である。

30 【0249】 <実施例28>

【0250】 レンズデータ及び非球面係数を表37に示す。実施例28の対物レンズの断面図を図49に示し、収差図を図50に示す。また、第1面で1 $\mu$ m偏芯時の波面収差は0.026 $\lambda$ であり、像高特性は0.008 $\lambda$ （内、コマ収差成分0.003 $\lambda$ ）であった。

【0251】

【表37】

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$   
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$   
 $NA = 0.85$   
 倍率 = 0

	r (mm)	d (mm)	M	$\nu_d$
1*	1.19392	2.650	1.52491	58.5
2*	-0.97515	0.355		
3	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4	$\infty$	0.000		

\*: 非球面

#### 非球面係数

##### 第1面

$K = -0.683354$   
 $A_4 = 0.162029E-01$   
 $A_6 = 0.154808E-02$   
 $A_8 = 0.289288E-02$   
 $A_{10} = 0.367711E-03$   
 $A_{12} = 0.358222E-03$   
 $A_{14} = 0.148419E-03$   
 $A_{16} = 0.119503E-03$   
 $A_{18} = 0.302302E-04$   
 $A_{20} = 0.110520E-04$

##### 第2面

$K = -21.704418$   
 $A_4 = 0.308021E+00$   
 $A_6 = 0.639499E+00$   
 $A_8 = 0.585364E+00$   
 $A_{10} = 0.215623E+00$   
 $A_{12} = 0.252265E-03$

【0252】〈実施例29〉

【0253】レンズデータ及び非球面係数を表38に示す。実施例29の1枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図51に示し、球面収差図を図52に

示す。

【0254】

【表38】

79  
実施例29

80

面 No		r(mm)	d(mm)	n	nd
光源			d0(可変)		
1	カップリング レンズ	-62.022	1.200	1.62491	56.5
2(非球面 1, 回折面 1)		-4.608	d2(可変)		
絞り		$\infty$	0		
3(非球面 2)	対物レンズ	1.194	2.650	1.62491	56.5
4(非球面 3)		-0.975	0.355		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面 1

K=-2.4335E-01

A4=2.7143E-03

A6=-5.6745E-05

A8=7.0168E-05

A10=-1.5659E-05

## 回折面 1

b2=-2.0000E-02

b4=-1.3821E-03

## 非球面 2

K=-0.683354

A4=0.162029E-01

A6=0.154908E-02

A8=0.289288E-02

A10=-0.367711E-03

A12=-0.358222E-03

A14=0.148419E-03

A16=0.119603E-03

A18=-0.302302E-04

A20=-0.110520E-04

## 非球面 3

K=-21.704418

A4=0.308021E+00

A6=-0.639499E+00

A8=0.585364E+00

A10=-0.215623E+00

A12=-0.252265E-03

【0255】本実施例29では、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置への負担の軽減を図っている。また、安価に大量生産することが出来る。更に、カップリングレンズを単玉の回折レンズとすることで、簡易な構成で良好に軸上色収差の補正された光学系を実現している。表3

リングレンズを変移させることで補正した結果を示す。この表39からわかるように、本実施例の光学系では、レーザの波長変動、温度変化、透明基板厚誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが可能である。

【0256】

【表39】

球面収差変動の原因		補正後の WFE-rms	d0(mm)	d2(mm)
基準状態 ( $\lambda_c=405\text{nm}$ , $T_c=25^\circ\text{C}$ , $t_c=0.1\text{mm}$ )		0.007 $\lambda$	6.000	5.000
LDの波長変動	$\Delta\lambda=+10\text{nm}$	0.008 $\lambda$	5.941	5.059
	$\Delta\lambda=-10\text{nm}$	0.022 $\lambda$	6.054	4.946
温度変化	$\Delta T=+30^\circ\text{C}$	0.011 $\lambda$	5.927	5.073
	$\Delta T=-30^\circ\text{C}$	0.031 $\lambda$	6.071	4.929
透明基板厚誤差	$\Delta t=+0.02\text{mm}$	0.004 $\lambda$	5.853	5.147
	$\Delta t=-0.02\text{mm}$	0.015 $\lambda$	6.152	4.848

【0257】〈実施例30〉

\*示す。

【0258】レンズデータ及び非球面係数を表40に示す。実施例30の1枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図53に示し、球面収差図を図54に\*

【0259】

【表40】

実施例30

面 No		r(mm)	d(mm)	n	vd
光源			d0(可変)		
1(非球面 1, 回折面 1)	カップリングレンズ	-226.959	1.200	1.52491	56.5
2(非球面 2, 回折面 2)		-6.733	d2(可変)		
絞り		$\infty$	0		
3(非球面 3)	対物レンズ	1.194	2.650	1.52491	56.5
4(非球面 4)		-0.975	0.955		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

非球面 1

回折面 1

K=0.0

b2=-2.2967E-02

A4=1.0245E-02

b4=2.1037E-03

A6=9.6650E-04

A8=-5.9104E-04

A10=8.9735E-05

非球面 2

回折面 2

K=-4.3181

b2=-1.7113E-02

A4=1.5848E-03

b4=8.2816E-04

A6=8.6137E-04

A8=-2.0117E-04

A10=1.3168E-05

非球面 3

K=-0.683354

A4=0.162029E-01

A6=0.154908E-02

A8=0.289288E-02

A10=-0.367711E-03

A12=-0.358222E-03

A14=0.148419E-03

A16=0.119603E-03

A18=-0.302302E-04

A20=-0.110520E-04

非球面 4

K=-21.704418

A4=0.308021E+00

A6=-0.639499E+00

A8=0.585364E+00

A10=-0.215623E+00

A12=-0.252265E-03

【0260】本実施例30では、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置への負担の軽減を図っている。また、安価に大量生産することが出来る。光情報記録媒体に情報を記録する際、モードホップによる波面収差の劣化は許容

できない問題となる。この光学系では、カップリングレンズを単玉の両面回折レンズとし、軸上色収差を補正過剰にすることで、基準波長の球面収差カーブと短・長波長側の球面収差カーブを交差させている。その結果、波長シフトによる最適記録位置の変化が小さく抑えられ、モードホップ時の波面収差の劣化を防いでいる。表41

に様々な原因に起因して発生した球面収差を、カップリングレンズを変移させることで補正した結果を示す。この表41からわかるように、本実施例の光学系では、レーザの波長変動、温度変化、透明基板厚誤差に起因して\*

\*発生した球面収差を良好に補正することが可能である。

【0261】

【表41】

球面収差変動の原因		補正後の WFE-rms	d0(mm)	d2(mm)
基準状態 ( $\lambda_c=405\text{nm}$ , $T_c=25^\circ\text{C}$ , $t_c=0.1\text{mm}$ )		0.008 $\lambda$	6.000	5.000
LD の波長変動	$\Delta\lambda=+10\text{nm}$	0.009 $\lambda$	5.869	5.131
	$\Delta\lambda=-10\text{nm}$	0.010 $\lambda$	6.141	4.869
温度変化	$\Delta T=+30^\circ\text{C}$	0.006 $\lambda$	5.905	5.095
	$\Delta T=-30^\circ\text{C}$	0.025 $\lambda$	6.101	4.899
透明基板厚誤差	$\Delta t=+0.02\text{mm}$	0.003 $\lambda$	5.867	5.133
	$\Delta t=-0.02\text{mm}$	0.014 $\lambda$	6.139	4.861

【0262】〈実施例31〉

【0263】レンズデータ及び非球面係数を表42に示す。実施例31の1群2枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図55に示し、球面収差図を図5

6に示す。

【0264】

【表42】

実施例 31

面 No		r(mm)	d(mm)	n	vd
光源			d0(可変)		
1	カップリング レンズ	13.531	1.000	1.91409	23.8
2		2.551	2.100	1.71548	53.2
3(非球面 1)		-5.765	d3(可変)		
絞り		$\infty$	0		
3(非球面 2)	対物レンズ	1.194	2.650	1.52491	66.5
4(非球面 3)		-0.975	0.355		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
7		$\infty$			

## 非球面 1

$$K=0.699858$$

$$A4=-0.53797E-3$$

$$A6=-0.352488E-3$$

$$A8=0.595790E-4$$

$$A10=-0.152115E-4$$

## 非球面 2

$$K=-0.683354$$

$$A4=0.162029E-01$$

$$A6=0.154908E-02$$

$$A8=0.289288E-02$$

$$A10=-0.367711E-03$$

$$A12=-0.358222E-03$$

$$A14=0.148419E-03$$

$$A16=0.119603E-03$$

$$A18=-0.302302E-04$$

$$A20=-0.110520E-04$$

## 非球面 3

$$K=-21.704418$$

$$A4=0.308021E+00$$

$$A6=-0.639499E+00$$

$$A8=0.585364E+00$$

$$A10=-0.215623E+00$$

$$A12=-0.252265E-03$$

【0265】本実施例31では、対物レンズにプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・フォーカシング機構への負担の軽減を図っている。更に、カップリングレンズを1群2枚構成のダブルレットレンズとすることで、良好に軸上色収差を補正している。また、光情報記録媒体側の面を非球面とすることで、非球面の収差補正効果によりカップリングレンズの開口数を大きく出来、全長が短いコンパクトな光学系を実現している。表

43に様々な原因に起因して発生した球面収差を、カップリングレンズを変移させることで補正した結果を示す。この表43からわかるように、本実施例の光学系では、レーザの波長変動、温度変化、透明基板厚誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが可能である。

【0266】

【表43】



87

88

球面収差変動の原因		補正後の WFE-rms	d0(mm)	d3(mm)
基準状態 ( $\lambda_c=405\text{nm}$ , $T_c=25^\circ\text{C}$ , $t_c=0.1\text{mm}$ )		0.008 $\lambda$	7.230	5.000
LDの波長変動	$\Delta\lambda=+10\text{nm}$	0.008 $\lambda$	7.194	5.096
	$\Delta\lambda=-10\text{nm}$	0.019 $\lambda$	7.330	4.900
温度変化	$\Delta T=+30^\circ\text{C}$	0.015 $\lambda$	7.050	5.180
	$\Delta T=-30^\circ\text{C}$	0.027 $\lambda$	7.415	4.815
透明基板厚誤差	$\Delta t=+0.02\text{mm}$	0.006 $\lambda$	6.987	5.243
	$\Delta t=-0.02\text{mm}$	0.015 $\lambda$	7.486	4.744

【0267】〈実施例32〉

\*を表24に示す。

【0268】単玉のカップリングレンズの片面にのみ、10 【0269】

回折面を設けた実施例である。レンズデータ及び非球面 【表44】

係数を表44に示す。本実施例32の種々のパラメータ\*

面No		r(mm)	d(mm)	n	vd
光源			d0(可変)		
1(回折面1))	カップリング レンズ	$\infty$	1.200	1.52491	56.5
2(非球面1)		-16.084	d2(可変)		
絞り		$\infty$	0		
3(非球面2)	対物レンズ	1.194	2.650	1.52491	56.5
4(非球面3)		-0.975	0.355		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

回折面1

b2=-2.6023E-02

b4=-2.1722E-04

非球面1

K=17.997115

A4=0.759036E-03

A6=0.311883E-03

A8=-0.123894E-03

A10=0.196179E-04

非球面2

K=-0.683354

A4=0.162029E-01

A6=0.154908E-02

A8=0.289288E-02

A10=-0.367711E-03

A12=-0.358222E-03

A14=0.148419E-03

A16=0.119603E-03

A18=-0.302302E-04

A20=-0.110520E-04

非球面3

K=-21.704418

A4=0.305021E+00

A6=-0.639499E+00

A8=0.585364E+00

A10=-0.215623E+00

A12=-0.252265E-03

【0270】本実施例32では、対物レンズ及びカップ  
リングレンズにプラスチックを用いている。波長シフト  
による最適記録位置の変化が小さく抑えられ、モードポ

ップ時の波面収差の劣化を防止している。また、カップ  
リングレンズの一方の面にのみ回折面を設けることで、  
カップリングレンズの面偏芯時の波面収差の劣化を防い

でいる。さらに、カップリングレンズの光源側の面に回折面を設け、対物レンズの側の面に、光軸から離れるにしたがって屈折力の弱くなるような非球面を設けることで、カップリングレンズの偏芯及びトラッキングエラー時の波面収差の劣化を防いでいる。表45に様々な原因に起因して発生した球面収差をカップリングレンズを変\*

\*移させることで補正した結果を示す。表45から、レーザー光の波長変動、温度変化、透明基板厚誤差に起因して発生した球面収差で良好に補正でき、また軸上色収差も良好に補正できることが分かる。

【0271】

【表45】

球面収差変動の原因		補正後の WFE-rms	d0(mm)	d2(mm)
基準状態 ( $\lambda_c=405\text{nm}$ , $T_c=25^\circ\text{C}$ , $t_c=0.1\text{mm}$ )		0.005 $\lambda$	11.670	5.000
LDの波長変動	$\Delta\lambda=+10\text{nm}$	0.008 $\lambda$	11.404	5.266
	$\Delta\lambda=-10\text{nm}$	0.009 $\lambda$	11.960	4.710
温度変化	$\Delta T=+30^\circ\text{C}$	0.014 $\lambda$	11.373	5.297
	$\Delta T=-30^\circ\text{C}$	0.018 $\lambda$	11.995	4.676
透明基板厚誤差	$\Delta t=+0.02\text{mm}$	0.009 $\lambda$	11.246	5.424
	$\Delta t=-0.02\text{mm}$	0.008 $\lambda$	12.136	4.534

【0272】本実施例32では、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化、フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置への負担の軽減を図っている。また、安価に大量生産することが出来る。光情報記録媒体に情報を記録する際、モードホップによる波面収差の劣化は許容できない問題となる。この光学系では、カップリングレンズを単玉の回折レンズとし、軸上色収差を補正過剰にすることで基準波長の球面収差カーブと短・長波長側の球面収差カーブを交差させている。その結果、波長シフトによる最適記録位置の変化が小さく抑えられ、モードホップ時の波面収差の劣化を防いでいる。また、カップリングレンズの一方の面のみに回折面を設けることでカップリングレンズの面偏芯時の波面収差の劣化を防いでいる。更に、カップリングレンズの光源側の面に回折レンズを設け、対物レンズ側の面に光軸から離れるに従って屈折力の弱くなるような非球面を設けることで、カップリングレンズの偏芯及びトラッキングエラー時の波面収差の劣化を防いでいる。

【0273】

【発明の効果】本発明によれば、光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、開口数が大きく、像高特性の良い非球面単玉対物レンズを提供できる。特に、開口数が0.75以上と大きく、また光源の波長が400nm程度と短い波長のレーザーを使用する高密度記録再生装置に用いるのに好適な対物レンズを提供できる。また、偏心感度も良好にでき、球面収差、コマ収差も良好に補正可能である。

【0274】また、光情報記録媒体の保護層の厚さが0.1mm程度と薄く、ワーキングディスタンスが小さくても良いような記録再生装置に対して好適な対物レンズを提供できる。

【0275】また、上述の対物レンズを使用する光ピックアップ装置を提供できる。

【0276】また、高密度な光学式記録再生装置において、簡単な構成で軸上色収差が補正された光学系を有する光ピックアップ装置を提供できる。特に、光情報記録

媒体側の開口数が0.65以上と大きく、使用する光源の最短波長が500nm以下と小さい光ピックアップ装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の対物レンズの断面図と収差図である。

【図2】実施例2の対物レンズの断面図と収差図である。

【図3】実施例3の対物レンズの断面図と収差図である。

【図4】実施例4の対物レンズの断面図と収差図である。

【図5】実施例5の対物レンズの断面図と収差図である。

【図6】実施例6の対物レンズの断面図と収差図である。

【図7】実施例7の対物レンズの断面図と収差図である。

【図8】本発明の対物レンズを使用する光ピックアップ装置の実施の形態を示す図である。

【図9】実施例8の対物レンズの断面図である。

【図10】実施例8の対物レンズの収差図である。

【図11】実施例9の対物レンズの断面図である。

【図12】実施例9の対物レンズの収差図である。

【図13】実施例10の対物レンズの断面図である。

【図14】実施例10の対物レンズの収差図である。

【図15】実施例11の対物レンズの断面図である。

【図16】実施例11の対物レンズの収差図である。

【図17】実施例12の対物レンズの断面図である。

【図18】実施例12の対物レンズの収差図である。

【図19】実施例13の対物レンズの断面図である。

【図20】実施例13の対物レンズの収差図である。

【図21】実施例14の対物レンズの断面図である。

【図22】実施例14の対物レンズの収差図である。

【図23】実施例15の対物レンズの断面図である。

【図24】実施例15の対物レンズの収差図である。

【図25】実施例16のカップリングレンズと対物レン

ズの断面図である。

【図26】実施例16のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図27】実施例17のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図28】実施例17のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図29】実施例18のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図30】実施例18のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図31】実施例19のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図32】実施例19のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図33】実施例20のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図34】実施例20のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図35】実施例21のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図36】実施例21のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図37】実施例22のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図38】実施例22のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図39】実施例23のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図40】実施例23のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図41】実施例24のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図42】実施例24のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図43】実施例25のカップリングレンズと対物レン

ズの断面図である。

【図44】実施例25のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図45】実施例26のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図46】実施例26のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図47】実施例27のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図48】実施例27のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図49】実施例28の対物レンズの断面図である。

【図50】実施例28の対物レンズの球面収差図である。

【図51】実施例29のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図52】実施例29のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図53】実施例30のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図54】実施例30のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図55】実施例31のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

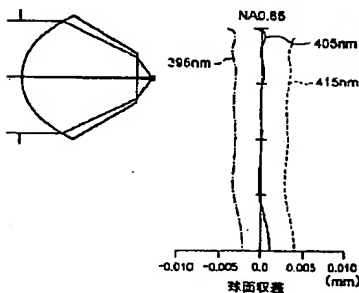
【図56】実施例31のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図57】本発明の対物レンズを使用する光ピックアップ装置の別の実施の形態を示す図である。

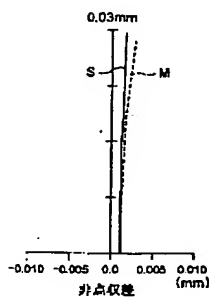
【符号の説明】

- 1 対物レンズ (両面非球面単玉対物レンズ)
- 1 a フランジ部
- 2 カップリングレンズ
- 3 半導体レーザ (光源)
- 4 光検出器
- 5 情報記録面
- 11 1軸アクチュエータ (変移装置)

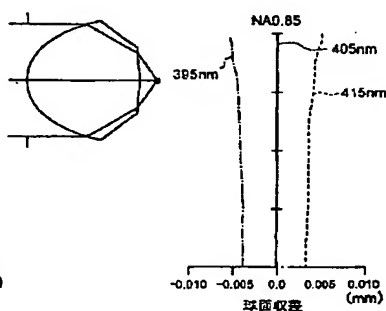
【図9】



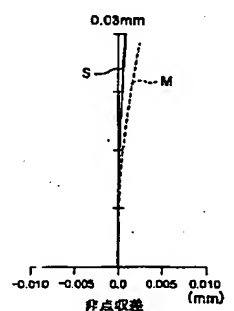
【図10】



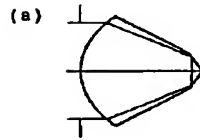
【図11】



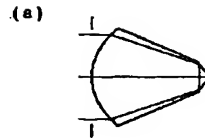
【図12】



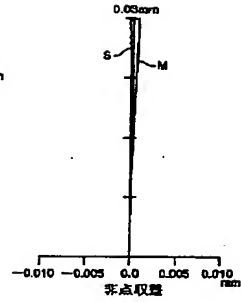
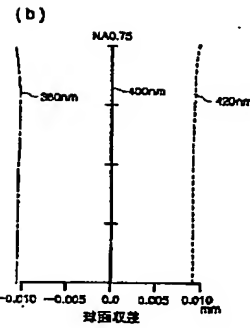
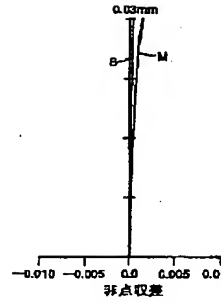
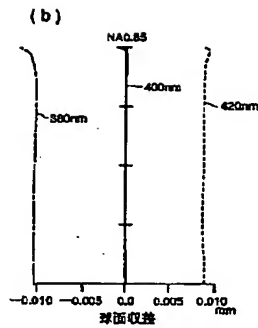
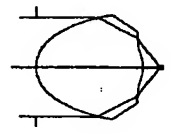
【図1】



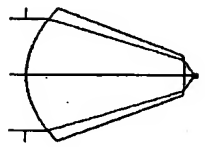
【図2】



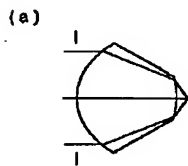
【図13】



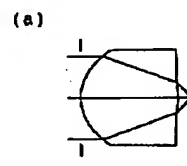
【図19】



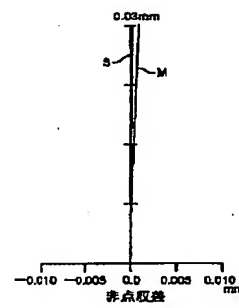
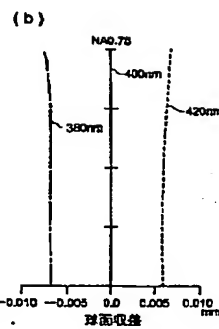
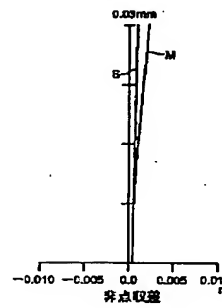
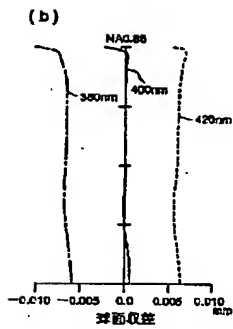
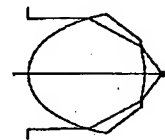
【図3】



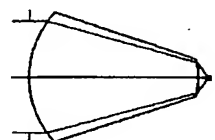
【図4】



【図15】

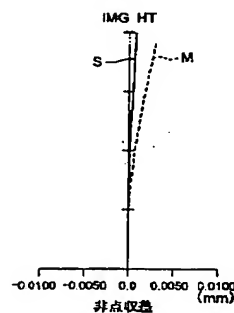
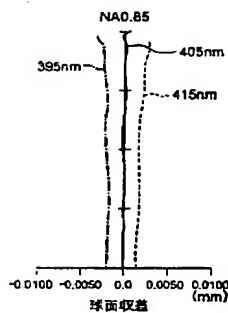


【図21】

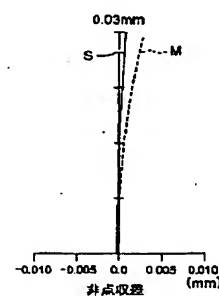
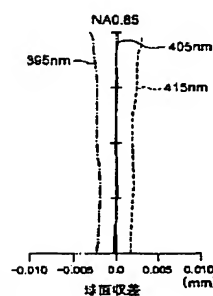


【図23】

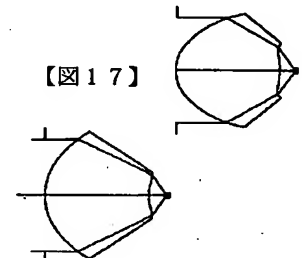
【図14】



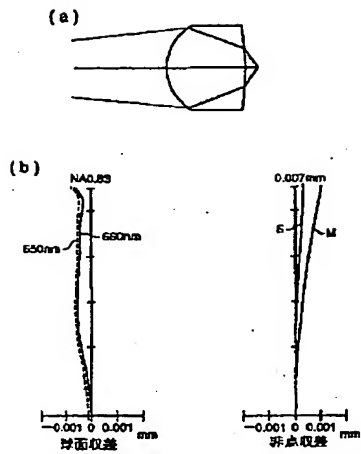
【図16】



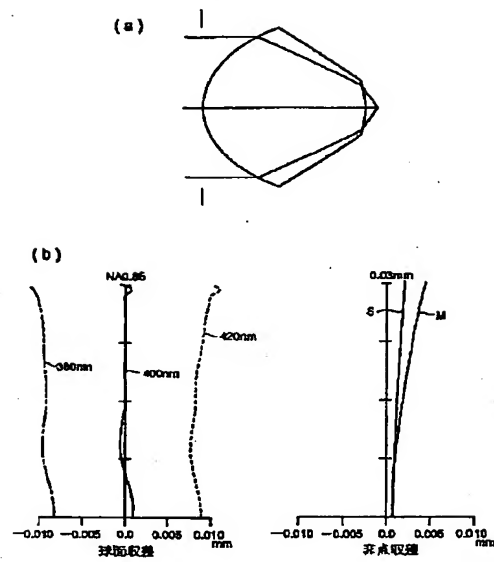
【図17】



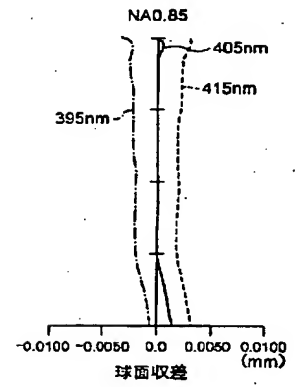
【図5】



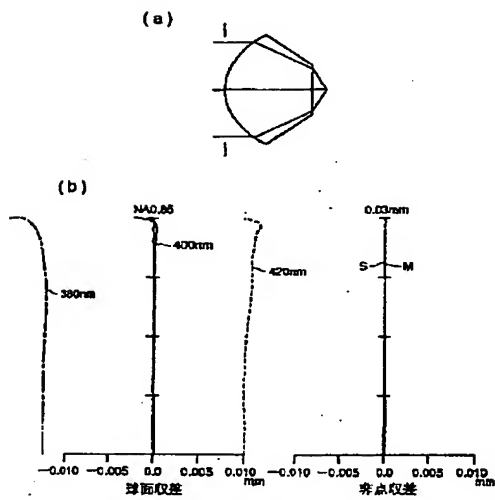
【図6】



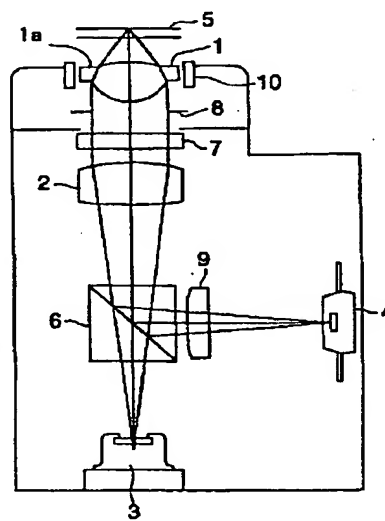
【図26】



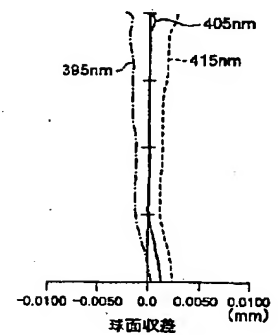
【図7】



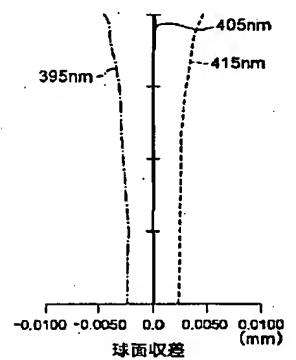
【図8】



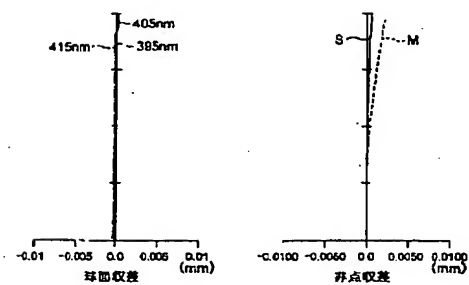
【図28】



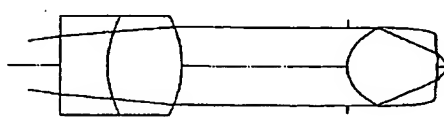
【図30】



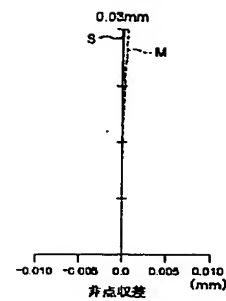
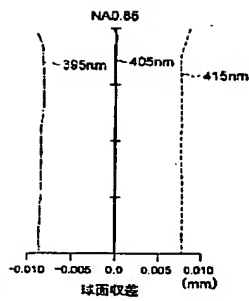
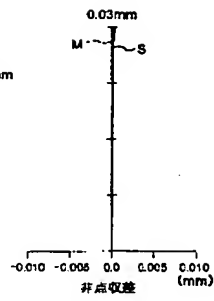
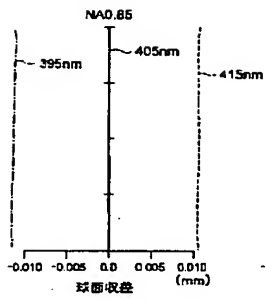
【図24】



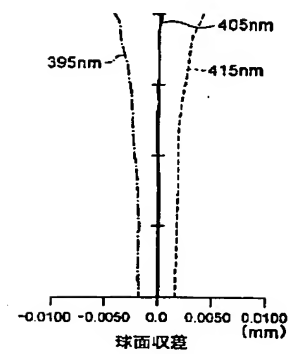
【図25】



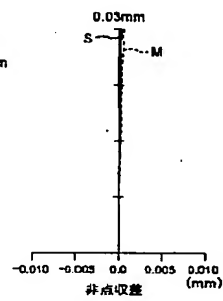
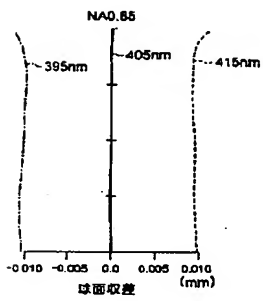
【図18】



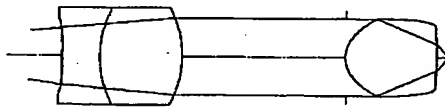
【図32】



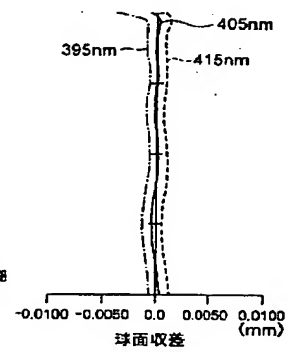
【図22】



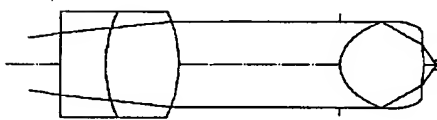
【図27】



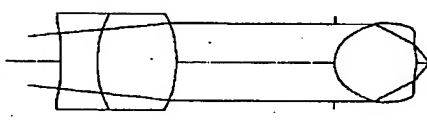
【図34】



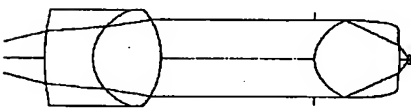
【図29】



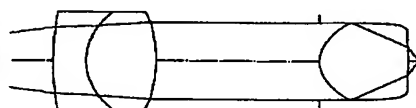
【図31】



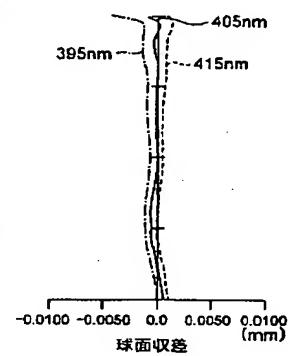
【図33】



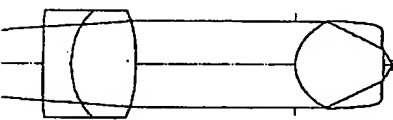
【図35】



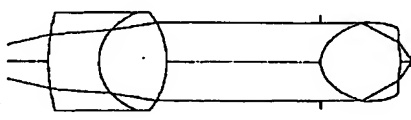
【図36】



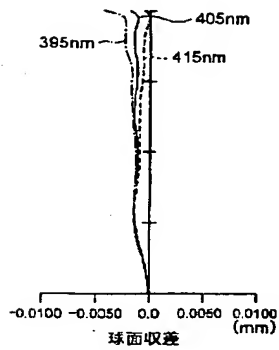
【図37】



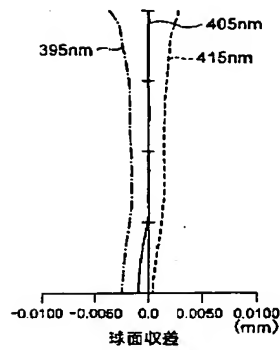
【図39】



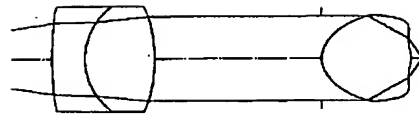
【図38】



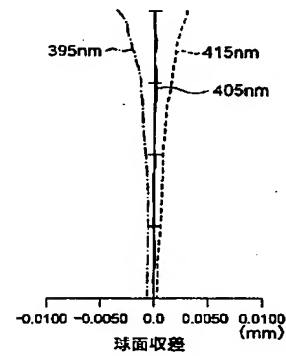
【図40】



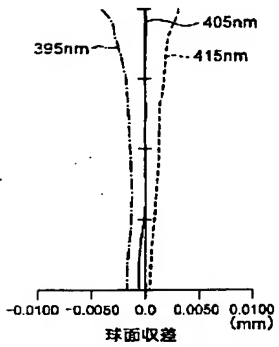
【図41】



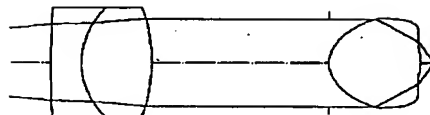
【図44】



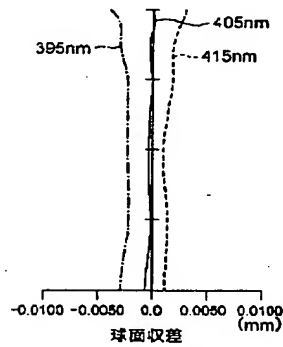
【図42】



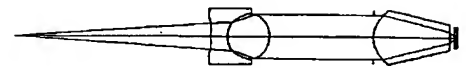
【図43】



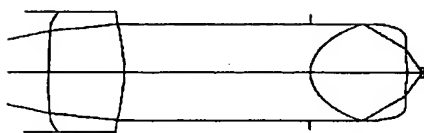
【図46】



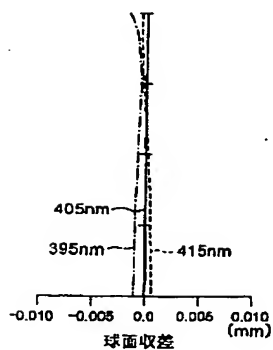
【図47】



【図45】

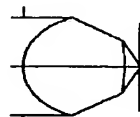


【図48】

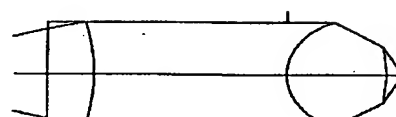


実施例28

【図49】



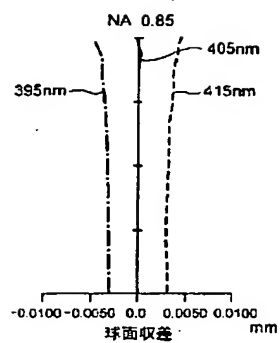
実施例29



【図51】

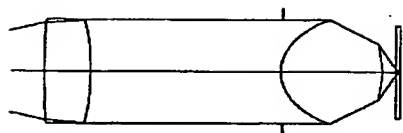
【図50】

実施例28



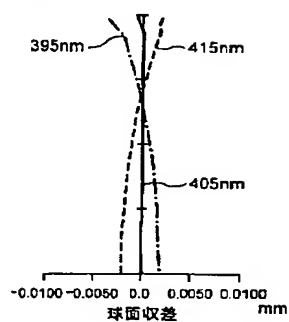
【図53】

実施例30



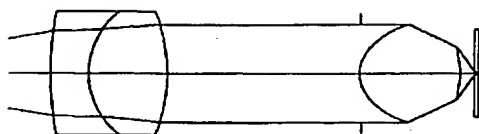
実施例30

【図54】



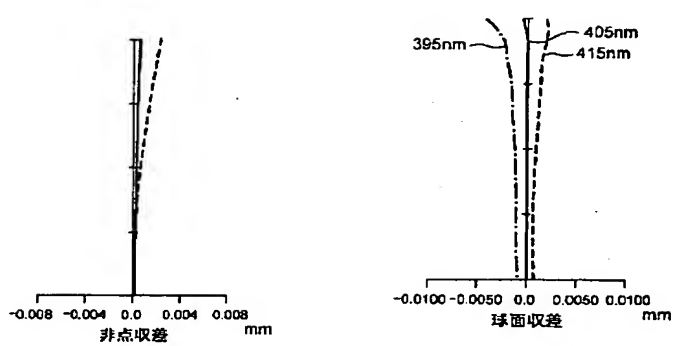
【図55】

実施例31



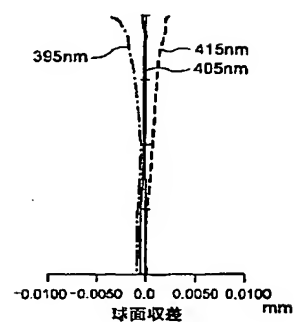
【図52】

実施例29

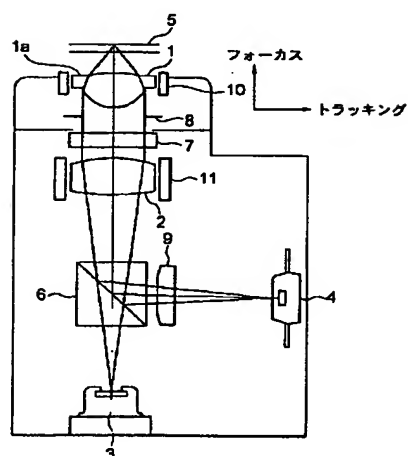


【図56】

実施例31



【図57】





## フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA13 LA01 LA25 PA01 PA02  
PA17 PA18 PB01 PB02 PB03  
QA01 QA02 QA03 QA06 QA07  
QA12 QA13 QA14 QA17 QA19  
QA21 QA25 QA32 QA33 QA34  
QA41 QA42 QA46 RA05 RA12  
RA13 RA32 RA34 RA42 RA46  
UA01  
5D119 AA22 BA01 EC01 FA05 JA44  
JB02 JB03 JB04 JB10